



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE141599

**ANALISIS SETTING WAKTU RELE PENGAMAN
DI PT. PUPUK SRIWIDJAJA DENGAN MEM-
PERTIMBANGKAN *TRANSIENT STABILITY*
*ASSESSMENT***

Muhammad Maulana Irfan Fathoni
NRP 2213 105 027

Dosen Pembimbing
Dr. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TE141599

***ANALYSIS OF THE PROTECTION RELAY TIME
SETTINGS IN PT. PUPUK SRIWIDJAJA TO
CONSIDER TRANSIENT STABILITY ASSESSMENT***

Muhammad Maulana Irfan Fathoni
NRP 2213 105 027

Lecturer
Dr. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.
Dr. Ir. Margo Pujiانتara, MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

**ANALISIS SETTING WAKTU RELE PENGAMAN
DI PT. PUPUK SRIWIDJAJA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN
TRANSIENT STABILITY ASSESSMENT**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Dr. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.
NIP. 197309271998031004

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Margo Pujiyantara, MT.
NIP. 196603181990101001



ANALISIS SETTING WAKTU RELE PENGAMAN DI PT. PUPUK SRIWIDJAJA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *TRANSIENT STABILITY* *ASSESSMENT*

Nama : Muhammad Maulana Irfan Fathoni
Pembimbing I : Dr. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.
Pembimbing II : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.

ABSTRAK

Pada sistem tenaga listrik, kestabilan transien mempunyai peranan yang sangat penting dalam menjaga keamanan dan keberlangsungan operasinya. Pada saat terjadi gangguan, rele pengaman akan bekerja untuk membuka *circuit breakers* dalam kurun waktu tertentu. Akan tetapi hal ini tidak menjamin sistem dapat terjaga kestabilannya. Hal ini disebabkan adanya waktu pemutus kritis / *critical clearing time (CCT)* pada sistem tenaga listrik. *CCT* adalah perhitungan batas waktu kritis setelah terjadi gangguan dimana saat terjadi gangguan harus diputus sebelum *CCT*. Apabila gangguan diputus setelah *CCT* maka sistem tidak dapat terjaga kestabilannya. Dengan metode *Time Domain Simulation (TDS)* nilai *CCT* yang didapatkan akurat tetapi hanya berupa nilai batas stabil dan batas tidak stabil sistem tenaga listrik. Pada PT. Pupuk Sriwidjaja saat ini telah mempunyai setting waktu rele pengaman yang belum mempertimbangkan *Transien Stability Assessment*. Agar perusahaan ini lebih handal dan dapat menjaga kontinuitas kebutuhan produksinya maka harus didapatkan nilai *CCT* metode *TDS*. Setelah diperoleh hasil *CCT* kemudian digunakan untuk pertimbangan setting waktu rele pengaman. Hasil analisa didapatkan bahwa terdapat beberapa bus di PT. Pupuk Sriwidjaja yang setting waktu nya masih diatas nilai *CCT*. Penambahan peralatan proteksi yang mampu bekerja secara cepat diperlukan, dalam hal ini adalah rele differential yang mampu bekerja 1-3 cycle dalam mengisolir gangguan agar sistem dapat terjaga kestabilannya.

Kata Kunci : Kestabilan Transien, *CCT*, *Time Domain Simulation*

ANALYSIS OF THE PROTECTION RELAY TIME SETTINGS IN PT. PUPUK SRIWIDJAJA TO CONSIDER TRANSIENT STABILITY ASSESSMENT

Name : Muhammad Maulana Irfan Fathoni
Advisor I : Dr. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.
Advisor II : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.

ABSTRACT

In the electric power system, transient stability has a very important role in maintaining the safety and continuity of operations. In the event of interruption, the safety relay will work to open circuit breakers within a certain time. However, this does not guarantee the system stability can be maintained. This is due to the breaker time critical / critical clearing time (CCT) on the power system. CCT is the calculation of the critical time limit after which the interruption occurs during disturbances must be disconnected before the CCT. If the disorder is disconnected after CCT then the system can not be maintained its stability. With methods Time Domain Simulation (TDS) CCT values obtained are accurate but only in the form of limit values and limit unstable stable power system. At the PT. Fertilizer Sriwidjaja now has a time setting that is not considered a safety relay Transient Stability Assessment. So that the company is more reliable and can maintain the continuity of production needs to be obtained CCT value TDS method. Having obtained the results of CCT is then used for the consideration of setting a safety relay. Results of the analysis showed that there are several buses in PT. Fertilizer Sriwidjaja the time setting is still above the value of the CCT. The addition of protective equipment that is able to work quickly is necessary, in this case the differential relay which is able to work 1-3 cycle disorders in order to isolate the system can be maintained its stability.

Keywords : Transient Stability, CCT, Time Domain Simulation

DAFTAR ISI

	HALAMAN
JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xiii
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi	4
 BAB 2 KESTABILAN TRANSIEN	
2.1 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2 Klasifikasi kestabilan.....	5
2.1.1 Kestabilan Sudut rotor	6
2.1.2 Kestabilan Frekuensi	6
2.1.3 Kestabilan Tegangan	7
2.3 Kestabilan Transien	7
2.4 Persamaan ayunan	8
2.5 Waktu Pemutusan Kristis	9
 BAB 3 SISTEM KELISTRIKAN PT. PUSRI PALEMBANG	
3.1 Sistem kelistrikan di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.....	11
3.1.1 Single Line Diagram PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang	11
3.2 Kapasitas pembangkitan	12
3.3 Sistem Distribusi di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.....	15

3.4 Data beban di PT. Pusri Palembang.....	16
--	----

BAB 4 SIMULASI DAN ANALISIS DATA

4.1 Pemodelan sistem kelistrikan PT. Pupuk Sriwidjaja	19
4.2 Studi kasus kestabilan transien	19
4.3 Perhitungan <i>Critical Clearing Time</i> (CCT) untuk setiap gangguan di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.....	21
4.3.1 Studi kasus short circuit bus STG_1 13,8kV ($t = 1s$).....	21
4.3.2 Studi kasus short circuit bus SG-61 13,8kV ($t = 1s$).....	23
4.3.3 Studi kasus short circuit bus T-STG1 13,8kV ($t = 1s$).....	24
4.3.4 Studi kasus short circuit SYN BUS NEW 33kV ($t = 1s$).....	26
4.3.5 Studi kasus short circuit SYN BUS OLD 13,8kV ($t = 1s$).....	28
4.3.6 Studi kasus short circuit Bus INR2P2 13,8kV ($t = 1s$)	29
4.3.7 Studi kasus short circuit Bus INR3P3 13,8kV ($t = 1s$)	29
4.3.8 Studi kasus short circuit Bus INR4P4 13,8kV ($t = 1s$)	32
4.3.9 Studi kasus short circuit Bus INR5P1B 13,8kV($t = 1s$).....	33
4.3.10 Studi kasus short circuit Bus SG-21 13,8kV ($t = 1s$).....	35
4.3.11 Studi kasus short circuit Bus SG-31 13,8kV ($t = 1s$).....	36
4.3.12 Studi kasus short circuit Bus SG-41 13,8kV ($t = 1s$).....	38
4.3.13 Studi kasus short circuit Bus SG-51 13,8kV ($t = 1s$).....	39
4.4 Membandingkan hasil CCT dengan setting waktu yang belum mempertimbangkan <i>Transient Stability Assessment</i>	41
4.5 Perbaikan setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja dengan mempertimbangkan <i>Transient Stability Assessment</i>	43

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran	45

DAFTAR PUSTAKA	47
-----------------------------	-----------

BIODATA PENULIS	49
------------------------------	-----------

LAMPIRAN(Single Line Diagram)	51
--	-----------

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah dan segala puji syukur hanya tercurah kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia serta hidayahnya. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada junjungan dan suri tauladan kita Rasulullah Muhammad SAW yang telah memberikan pencerahan kepada seluruh umatnya di dunia. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan tahap sarjana teknik pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama penyelesaian tugas akhir ini, tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng. dan Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan kritik serta bimbingannya.
2. Segenap Keluarga, Terutama Kedua orang tua penulis tercinta, yang selalu memberikan rasa sayang yang tak terhingga, do'a, dan dukungan yang selalu tiada henti.
3. Seluruh keluarga besar Teknik Elektro ITS, para dosen, karyawan, mahasiswa, serta teman-teman atas dukungan, masukan, dan kerjasamanya selama masa kuliah dan proses pengerjaan tugas akhir.

Semoga Allah SWT selalu melimpahkan karunia dari segala kebbaikannya dan memberikan balasan yang lebih banyak atas semua kebaikan yang telah diberikan. Dengan penuh kesadaran bahwa dalam penyusunan tugas akhir masih jauh dari harapan dan masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan didalamnya. Oleh karena itu, penulis mohon maaf dan mengharap segala bentuk kritik serta saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik lagi dimasa yang akan datang.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR GAMBAR

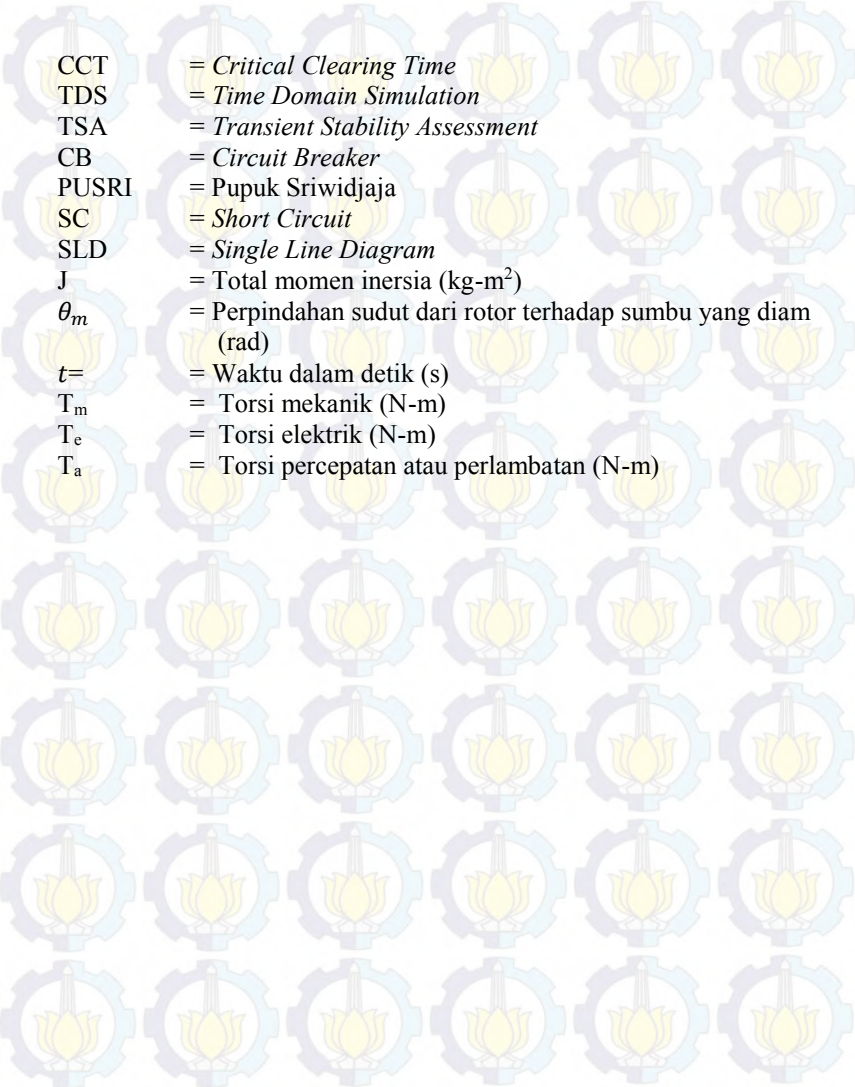
Gambar 2.1	Klasifikasi Kestabilan Sistem Tenaga Listrik	6
Gambar 2.2	Representasi Arah Rotasi dari Torsi Mekanik dan Elektrik	9
Gambar 2.5	<i>Damper Winding</i>	13
Gambar 3.1	Single Line Diagram PT Pusri yang disederhanakan ..	12
Gambar 4.1	Respon sudut rotor pada bus STG_1 nilai CCT 0,23s	22
Gambar 4.2	Respon sudut rotor pada bus STG_1 nilai CCT 0,24s	22
Gambar 4.3	Respon sudut rotor pada bus SG-61 nilai CCT 0,24s	23
Gambar 4.4	Respon sudut rotor pada bus SG-61 nilai CCT 0,25s	24
Gambar 4.5	Respon sudut rotor pada bus_STG1 nilai CCT 0,32s	25
Gambar 4.6	Respon sudut rotor pada bus_STG1 nilai CCT 0,33s	25
Gambar 4.7	Respon sudut rotor pada SYN BUS NEW nilai CCT 0,36s	26
Gambar 4.8	Respon sudut rotor pada SYN BUS NEW nilai CCT 0,37s	27
Gambar 4.9	Respon sudut rotor pada SYN BUS OLD nilai CCT 0,42s	28
Gambar 4.10	Respon sudut rotor pada SYN BUS OLD nilai CCT 0,43s	28
Gambar 4.11	Respon sudut rotor pada Bus INR2P2 nilai CCT 3,37s	29
Gambar 4.12	Respon sudut rotor pada Bus INR2P2 nilai CCT 3,38s	30
Gambar 4.13	Respon sudut rotor pada Bus INR3P3 nilai CCT 3,39s	31
Gambar 4.14	Respon sudut rotor pada Bus INR3P3 nilai CCT 3,40s	31
Gambar 4.15	Respon sudut rotor pada Bus INR4P4 nilai CCT 1,82s	32
Gambar 4.16	Respon sudut rotor pada Bus INR4P4 nilai CCT 1,83s	33

Gambar 4.17	Respon sudut rotor pada Bus INR5P1B nilai CCT 1,05s.....	34
Gambar 4.18	Respon sudut rotor pada Bus INR5P1B nilai CCT 1,06s.....	34
Gambar 4.19	Respon sudut rotor pada Bus SG-21 nilai CCT 3,32s.....	35
Gambar 4.20	Respon sudut rotor pada Bus SG-21 nilai CCT 3,33s.....	36
Gambar 4.21	Respon sudut rotor pada Bus SG-31 nilai CCT 3,33s.....	37
Gambar 4.22	Respon sudut rotor pada Bus SG-31 nilai CCT 3,34s.....	37
Gambar 4.23	Respon sudut rotor pada Bus SG-41 nilai CCT 3,33s.....	38
Gambar 4.24	Respon sudut rotor pada Bus SG-41 nilai CCT 3,34s.....	39
Gambar 4.25	Respon sudut rotor pada Bus SG-51 nilai CCT 3,33s.....	40
Gambar 4.26	Respon sudut rotor pada Bus SG-51 nilai CCT 3,34s.....	40
Gambar 4.27	Setting waktu yang tidak mempertimbangkan TSA.....	41
Gambar 4.28	Setting waktu dengan mempertimbangkan TSA.....	44

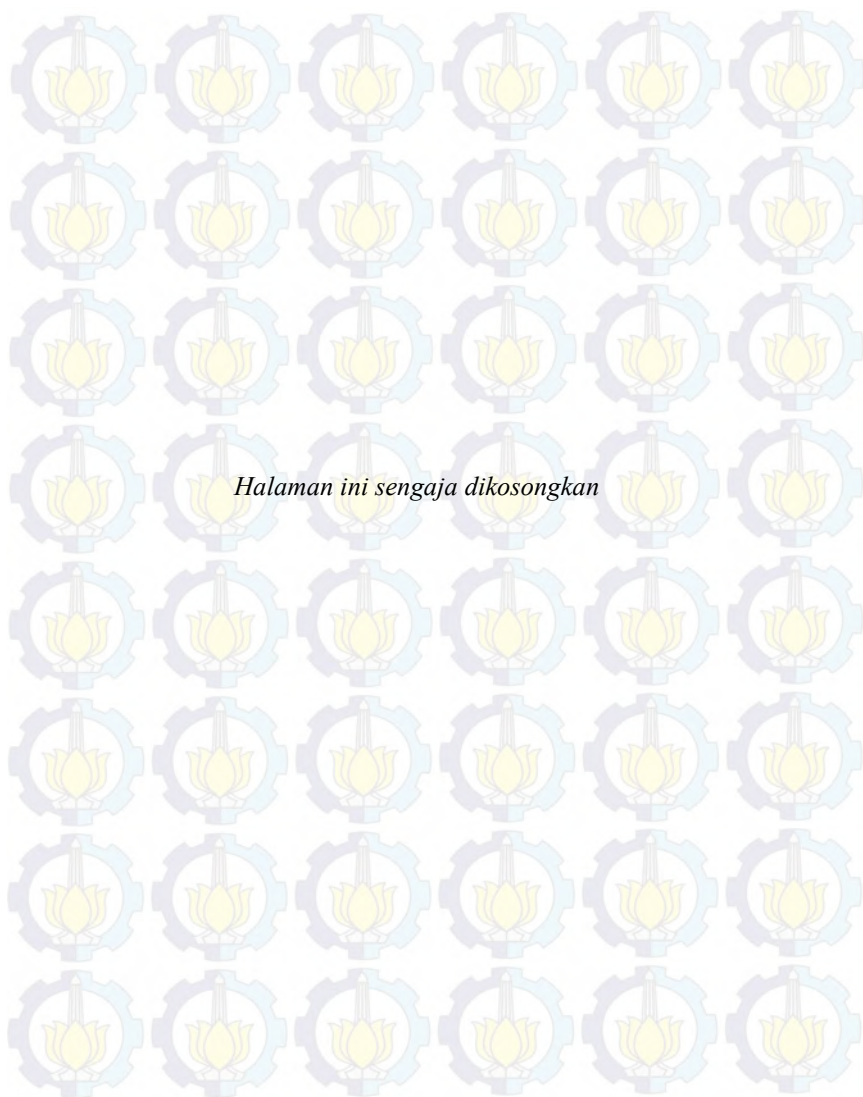
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kapasitas dan impedansi pembangkit PT. PUSRI.....	13
Tabel 3.2	Data Bus Pada Sistem Kelistrikan di PT Pusri Palembang.....	15
Tabel 3.3	Data Transformator Pada Sistem Kelistrikan di PT. Pusri Palembang.....	16
Tabel 3.4	Data <i>Tie</i> Transformer Pada Sistem Kelistrikan di PT. Pusri Palembang.....	16
Tabel 3.5	Data Beban Baru Pusri 2B Pada Sistem Kelistrikan di PT. Pusri Palembang	17
Tabel 4.1	Perbandingan hasil CCT dengan setting waktu yang belum mempertimbangkan <i>Transient Stability</i> <i>Assessment</i>	41
Tabel 4.2	Hasil perbaikan setting waktu dengan mem- pertimbangkan <i>Transient Stability Assessment</i>	43

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN



CCT	= <i>Critical Clearing Time</i>
TDS	= <i>Time Domain Simulation</i>
TSA	= <i>Transient Stability Assessment</i>
CB	= <i>Circuit Breaker</i>
PUSRI	= Pupuk Sriwidjaja
SC	= <i>Short Circuit</i>
SLD	= <i>Single Line Diagram</i>
J	= Total momen inersia (kg-m^2)
θ_m	= Perpindahan sudut dari rotor terhadap sumbu yang diam (rad)
t	= Waktu dalam detik (s)
T_m	= Torsi mekanik (N-m)
T_e	= Torsi elektrik (N-m)
T_a	= Torsi percepatan atau perlambatan (N-m)



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Pupuk Sriwidjaja Palembang (Pusri) adalah perusahaan yang didirikan sebagai pelopor produsen pupuk urea di Indonesia pada tanggal 24 Desember 1959 di Palembang Sumatera Selatan, dengan nama PT Pupuk Sriwidjaja (Persero). Pusri memulai operasional usaha dengan tujuan utama untuk melaksanakan dan menunjang kebijaksanaan dan program pemerintah di bidang ekonomi dan pembangunan nasional, khususnya di industri pupuk dan kimia lainnya. Pada sistem tenaga listriknya, Perusahaan ini membutuhkan suplai tenaga listrik dengan 5 generator sampai saat ini untuk mencukupi kebutuhan produksinya. Agar industri ini lebih handal maka diperlukan yang namanya kestabilan transien. kestabilan transien mempunyai peranan yang sangat penting dalam menjaga keamanan dan keberlangsungan operasinya. Pada saat terjadi gangguan, rele pengaman akan bekerja untuk membuka *circuit breakers* dalam kurun waktu tertentu. Akan tetapi hal ini tidak menjamin sistem dapat terjaga kestabilannya. Hal ini disebabkan adanya waktu pemutus kritis / *critical clearing time (CCT)* pada sistem tenaga listrik. *CCT* adalah perhitungan batas waktu kritis setelah terjadi gangguan dimana saat terjadi gangguan harus diputus sebelum *CCT* agar sistem dapat kembali stabil. Apabila gangguan diputus setelah *CCT* maka sistem tidak dapat kembali stabil. Dengan metode *Time Domain Simulation (TDS)* nilai *CCT* yang didapatkan akurat tetapi hanya berupa nilai batas stabil dan batas tidak stabil sistem tenaga listrik.

Pada PT. Pupuk Sriwidjaja saat ini telah mempunyai setting waktu rele pengaman yang belum mempertimbangkan *Transien Stability Assessment*. Agar perusahaan ini lebih handal dan dapat menjaga kontinuitas kebutuhan produksinya maka akan dilaksanakan tugas akhir ini. Tugas akhir ini melakukan analisis setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja dengan mempertimbangkan *Transient Stability Assessment*. Yang dimana nantinya akan dihitung nilai *CCT* akibat *short circuit* pada bus tegangan menengah PT. Pupuk Sriwidjaja dengan metode *TDS*. Dari hasil tersebut, dilakukan pengecekan dari setting waktu rele pengaman yang sudah ada

dengan nilai CCT yang didapat untuk pembuktian sistem agar dapat dikatakan stabil ketika terjadi gangguan.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan Masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana Analisis setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja dengan mempertimbangkan *Transient Stability Assessment*.
2. Menghitung besarnya *Critical Clearing Time* dalam sistem.
3. Bagaimana menggunakan metode *Time Domain Simulation* untuk menentukan kestabilan sistem tenaga listrik.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, permasalahan dibatasi sebagai berikut :

1. Analisis setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja dengan mempertimbangkan *Transient Stability Assessment* memperhatikan respon sudut rotor generator sistem.
2. Menghitung besarnya *Critical Clearing Time* dengan metode *Time Domain Simulation* pada ETAP Akibat *Short Circuit* pada bus tegangan menengah di PT. Pupuk Sriwidjaja.
3. *Single Line Diagram (SLD)* PT. Pupuk Sriwidjaja yang digunakan yakni *SLD* Sederhana
4. Penggunaan setting waktu yang belum mempertimbangkan TSA menggunakan hasil tugas akhir yang sudah ada[9].

1.4 Tujuan

Tugas akhir ini memiliki tujuan antara lain:

1. Mendapatkan besarnya *Critical Clearing Time* dengan metode *Time Domain Simulation* pada ETAP Akibat *Short Circuit* pada bus tegangan menengah di PT. Pupuk Sriwidjaja.
2. Dari nilai CCT yang didapat, digunakan untuk analisis setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja untuk

pembuktian sistem agar dapat dikatakan stabil ketika terjadi gangguan.

1.5 Metodologi

Metodologi yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Untuk memperkuat ide, maka penulis melakukan studi literatur melalui membaca dan mempelajari buku, jurnal ilmiah (*paper*), dan *browsing* melalui internet tentang kestabilan transien sistem tenaga listrik pada multi mesin. Dan mempelajari cara mendapatkan *critical clearing time (CCT)* menggunakan metode *time domain simulation (TDS)*.

2. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data-data yang dibutuhkan seperti Single Line Diagram dan semua data-data yang dibutuhkan contoh : data generator, data saluran transmisi, data trafo, dan data beban.

3. Pemodelan dan Simulasi

Setelah mendapat literatur yang menunjang, penulis akan memodelkan *Single Line Diagram* sederhana PT. Pupuk Sriwidjaja dan akan disimulasikan dengan mengasumsikan terjadi gangguan transien berupa short circuit pada bus tegangan menengah PT. Pupuk Sriwidjaja dengan menggunakan *software* ETAP.

4. Analisis Data

Hasil simulasi kemudian dianalisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan. Hasil yang akan dianalisis adalah Penentuan nilai *CCT* dari respon sudut rotor generator yang nantinya setelah didapatkan hasil yang stabil maka akan dibandingkan dengan setting waktu yang sudah ada.

5. Penyusunan Buku Tugas Akhir

Tahap ini merupakan bagian terakhir dari serangkaian kegiatan tugas akhir. Penyusunan buku tugas akhir ini berupa laporan ilmiah yang mencakup semua proses pengerjaan tugas akhir, mulai dari dasar teori yang dipelajari, teori yang digunakan, hingga kesimpulan dan saran yang dihasilkan dari penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini disusun dalam suatu sistematika sebagai berikut :

- Bab 1
Bab ini akan menjelaskan tentang pendahuluan tugas akhir yang membahas mengenai latar belakang, tujuan penelitian, permasalahan, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan dan relevansi dari Tugas Akhir.
- Bab 2
Bab ini akan menjelaskan tentang teori-teori kestabilan transien yang digunakan dalam tugas akhir ini. Teori-teori tersebut meliputi kestabilan sistem tenaga listrik, kestabilan transien, persamaan ayunan (*swing equation*), dan CCT.
- Bab 3
Bab ini akan menjelaskan sistem kelistrikan industri di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.
- Bab 4
Bab ini berisi tentang hasil simulasi dan analisa data dari nilai CCT yang didapatkan. Analisa dilakukan untuk melihat apakah setting waktu yang sudah ada pada PT. Pupuk Sriwidjaja di bawah nilai CCT yang didapatkan agar dapat dikatakan stabil.
- Bab 5
Kesimpulan Tugas Akhir yang mengemukakan hasil pembahasan dan saran-saran sehubungan dengan pokok-pokok pembahasan.

1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat berikut :

1. Memberikan kontribusi terhadap PT. Pupuk Sriwidjaja, khususnya pada permasalahan setting waktu rele pengamanan yang mempertimbangkan kestabilan transien.
2. Dapat menjadi referensi bagi mahasiswa lain yang akan mengambil Tugas Akhir yang mengambil masalah yang serupa.

BAB II

KESTABILAN TRANSIEN

2.1 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik

Kestabilan sistem tenaga listrik adalah kemampuan dari sistem tenaga untuk tetap kembali beroperasi di titik keseimbangan saat dan setelah terjadi gangguan sehingga sistem tetap stabil [2]. Definisi ini berlaku pada multimesin atau generator yang dihubungkan sinkron. Gangguan yang dimaksud pada kestabilan sistem tenaga listrik dibagi menjadi dua yakni gangguan kecil dan gangguan besar [6]. Gangguan kecil pada sistem tenaga listrik dapat disebabkan karena variasi beban yang dinamis dimana setiap detik akan berubah-ubah, dengan adanya perubahan ini pasokan daya listrik harus tetap di supply dengan daya yang sesuai. Dan gangguan yang besar sendiri dapat terjadi ketika terjadi *short circuit*. Gangguan pada sistem menimbulkan perbedaan arus dan perbedaan tegangan pada setiap bus yang mengakibatkan ketidakseimbangan antara daya input mekanis dari prime mover dan daya output listrik generator yang berakibat pada perlambatan dan percepatan pada putaran rotor generator.

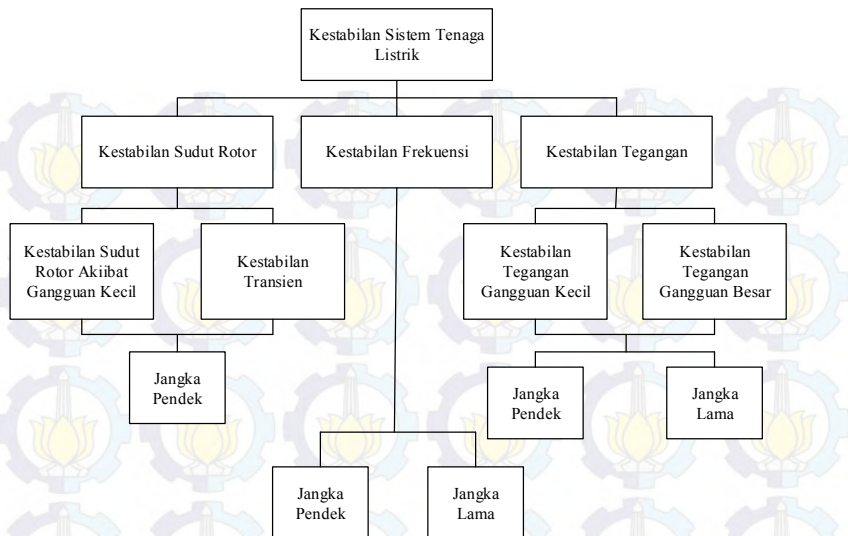
2.2 Klasifikasi Kestabilan

Berdasarkan paper *IEEE Transactions On Power Systems* dengan judul *Definition and Classification of Power System Stability*, kestabilan sistem tenaga listrik dikategorikan menjadi tiga, yaitu [1]:

1. Kestabilan sudut rotor
2. Kestabilan frekuensi
3. Kestabilan tegangan

Dasar sistematis untuk klasifikasi kestabilan didasarkan atas pertimbangan sebagai berikut [2]:

- Ukuran dari gangguan
- Pemodelan yang tepat dan analisis gangguan yang spesifik
- Rentang waktu saat gangguan berlangsung
- Parameter sistem yang paling berpengaruh



Gambar 2.1 Klasifikasi Kestabilan Sistem Tenaga Listrik

2.2.1 Kestabilan Sudut Rotor

Berdasarkan referensi [4], kestabilan sudut rotor adalah kemampuan dari interkoneksi mesin sinkron dari suatu sistem tenaga untuk tetap dalam kondisi sinkronnya setelah terjadi gangguan kecil atau gangguan besar.

Kestabilan sudut rotor gangguan kecil atau yang biasa disebut *Small Signal Stability* adalah kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi sinkronnya setelah terjadi gangguan kecil seperti perubahan-perubahan kecil yang terus menerus pada daya beban atau daya pembangkitan.

Kestabilan sudut rotor gangguan besar atau yang biasa disebut *Transient Stability* adalah kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi sinkronnya setelah terjadinya gangguan besar seperti *generator outage* atau hubung singkat.

2.2.2 Kestabilan Frekuensi

Berdasarkan referensi [7], kestabilan frekuensi adalah kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk tetap mempertahankan nilai frekuensi

fundamental atau nilai frekuensi pada kondisi operasi normal setelah terjadi gangguan. Gangguan perubahan frekuensi biasanya dikarenakan tidak seimbangnya antara daya pembangkitan dengan daya beban. Kemampuan sistem dapat dilihat dari respon dari pengatur frekuensi yaitu *governor*.

2.2.3 Kestabilan Tegangan

Berdasarkan referensi [4], kestabilan tegangan adalah kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk tetap mempertahankan nilai tegangan pada kondisi operasi normal pada setiap bus setelah terjadi gangguan kecil atau gangguan besar dalam jangka pendek atau jangka panjang.

Kestabilan tegangan gangguan besar adalah kemampuan sistem untuk mempertahankan nilai tegangan pada kondisi normal setelah terjadinya gangguan besar seperti *generator outage* atau terjadi hubung singkat. Kemampuan sistem dapat dilihat dari respon interaksi dari pengatur tegangan seperti *Tap Changer* trafo dan sistem proteksi.

Kestabilan tegangan gangguan kecil adalah kemampuan sistem untuk mempertahankan nilai tegangan pada kondisi normal setelah terjadinya gangguan kecil seperti perubahan kecil pada sistem beban.

2.3 Kestabilan Transien

Kestabilan transien merupakan kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisasi ketika mengalami gangguan transien. Respon sistem yang dihasilkan melibatkan perubahan besar pada sudut daya generator dan dipengaruhi oleh hubungan nonlinier sudut rotor – daya [4]. Analisis kestabilan transien merupakan analisis yang harus dilakukan dalam suatu sistem. Masalah yang dibahas pada kestabilan transien atau peralihan ini lebih rumit dari pada masalah pada kestabilan *steady state*. Sebuah sistem yang stabil dalam kondisi *steady state* belum tentu stabil ketika mengalami gangguan transien.

Kestabilan sudut rotor adalah kestabilan saat mesin terhubung interkoneksi sehingga mesin masih dalam keadaan sinkron setelah terjadi gangguan. Hal ini tergantung kemampuan mempertahankan keseimbangan antara torsi mekanik dan torsi elektromagnetik pada mesin tersebut. Ketidakstabilan akan mengakibatkan naiknya kecepatan sudut yang berbeda-beda dari generator sehingga generator mengalami hilang sinkronisasi dengan generator lain. Faktor dasar dari

permasalahan ini yaitu daya output akan berubah seiring berubahnya sudut rotor [1].

Kestabilan transien berkaitan dengan kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisasi ketika mengalami gangguan berat, seperti hubung singkat pada saluran transmisi. Respon sistem yang dihasilkan melibatkan besarnya penyimpangan dari sudut rotor generator dan dipengaruhi oleh ketidaklinieran hubungan sudut daya. Studi stabilitas transien memiliki kurun waktu 3-5 detik setelah gangguan. Untuk sistem yang sangat besar dengan ayunan antar wilayah yang dominan maka kurun waktu dapat diperpanjang menjadi 10-20 detik. Kestabilan sudut rotor kecil dan kestabilan transien dikategorikan sebagai fenomena jangka pendek [1].

2.4 Persamaan Ayunan (*Swing Equation*)

Persamaan yang mengatur gerakan rotor mesin sinkron didasarkan pada prinsip dasar dinamika yang menyatakan bahwa momen putar percepatan (*accelerating torque*) adalah hasil kali dari momen-momen kelembaman (*moment of inertia*) rotor dan percepatan sudutnya[3]. Berikut persamaan generator sinkron dapat ditulis :

$$J \frac{d^2\theta_m}{dt^2} = T_a = T_m - T_e$$

J = Momen kelembaman total dari massa rotor dalam $kg \cdot m^2$

θ_m = Pergeseran sudut dari rotor terhadap suatu sumbu yang diam dalam radian mekanis (rad)

t = Waktu dalam detik (s)

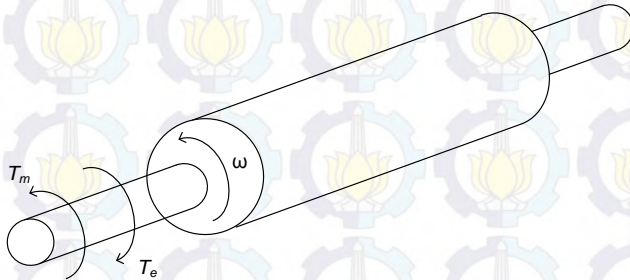
T_m = Momen putar mekanis atau poros penggerak yang diberikan oleh *prime mover* dikurangi dengan momen putar perlambatan (*retarding*) yang disebabkan oleh rugi-rugi perputaran, dalam N-m

T_e = Momen putar listrik atau elektromagnetik, dalam N-m

T_a = Momen putar kecepatan percepatan bersih (*net*), dalam N-m

Berdasarkan referensi [7], dalam hubungan kinerja inersia mesin terhadap sistem secara keseluruhan, akan lebih berguna untuk menuliskan persamaan ayunan kedalam sudut elektrik yang berhubungan dengan posisi rotor dari sebuah mesin sinkron. Berdasarkan referensi [3], pada saat kondisi normal, T_m adalah sama

dengan T_e sehingga tidak ada torsi percepatan atau perlambatan T_a . Pada kasus ini tidak timbul percepatan atau perlambatan dari rotor dan kecepatan konstan yang dihasilkan adalah kecepatan sinkron. Perputaran massa yang termasuk rotor dari generator dan *prime mover* dapat dikatakan dalam kondisi sinkronnya dengan pengoperasian mesin lain pada kecepatan sinkron pada suatu sistem tenaga. Torsi mekanik (T_m) diatas dianggap konstan pada setiap kondisi operasinya, asumsi ini dianggap adil karena masukan dari *prime mover* dikontrol oleh *governor*. *Governor* tidak bekerja sampai perubahan kecepatan dirasakan sehingga *governor* dianggap tidak efektif selama periode waktu dimana perubahan dinamika rotor pada studi kestabilan ini.



Gambar 2.2 Representasi Arah Rotasi dari Torsi Mekanik dan Elektrik

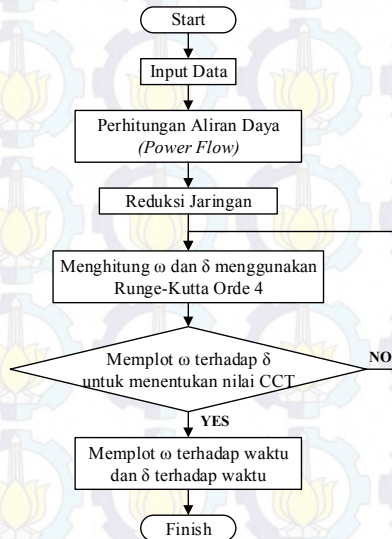
Berdasarkan referensi [8], untuk mengamati sebuah sistem stabil secara transien atau tidak selama gangguan, diperlukan sudut rotor untuk beresilasi disekitar titik keseimbangannya. Jika sudut rotor meningkat secara terus menerus, maka bisa dikatakan mesin tersebut tidak stabil secara transien. Pada sistem multimesin, mesin tersebut keluar dan kehilangan kondisi sinkronnya dengan mesin yang lain.

2.5 Waktu Pemutusan Kritis (*Critical Clearing Time*)

Critical clearing Time adalah waktu yang diizinkan untuk memutuskan gangguan agar generator tidak mengalami lepas sinkron. Apabila gangguan diputus kurang dari waktu kritis (*Critical Clearing Time*) yang telah ditentukan maka generator

akan kembali stabil, namun apabila gangguan diputus melebihi dari waktu kritis (*Critical clearing Time*) yang telah ditentukan maka generator akan berada pada kondisi tidak stabil dan dapat lepas sinkron [5].

2.6 Time Domain Simulation



Berikut adalah flowchart dari metode CCT yang digunakan yakni TDS. Pertama dilakukan input data yang meliputi data saluran, data pembangkitan, data beban, momen inersia dan reaktansi sinkron yang digunakan. Kemudian dilakukan perhitungan aliran daya yang bertujuan untuk mendapatkan tegangan tiap bus, Selanjutnya membentuk matriks Y bus pada saluran yang digunakan, kemudian dari perhitungan aliran daya ini juga kita mengklasifikasikan mana bus generator, bus beban dan bus slack. Setelah itu dilakukan reduksi jaringan yang bertujuan untuk menyederhanakan perhitungan yang kompleks. Kemudian dilakukan perhitungan omega dan delta menggunakan Runge-Kutta, setelah mendapatkan omega dan delta, dilakukan plotting untuk dapat melihat respon omega terhadap delta untuk menentukan nilai CCT (waktu stabil & waktu tidak stabilnya). setelah mendapatkan nilai CCT kita melakukan plotting delta terhadap waktu & omega terhadap waktu.

BAB 3

SISTEM KELISTRIKAN PT. PUSRI PALEMBANG

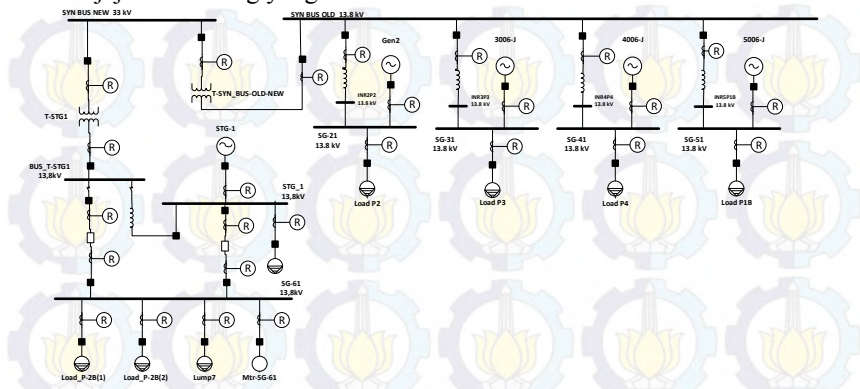
3.1 Sistem Kelistrikan di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang

PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang merupakan Badan Usaha Milik Negara yang bergerak pada bidang produksi pupuk urea dan bahan kimia. Perusahaan ini berlokasi di kota Palembang, Sumatera Selatan. Sistem kelistrikan PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang ini cukup kompleks dan rumit seiring ditambahkan satu unit pabrik baru. Sehingga untuk analisis Tugas Akhir ini digunakan Single Line Diagram yang telah disederhanakan dengan merubah beban pada unit baru PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang menjadi Lumped Load. PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang mempunyai lima unit pabrik. Masing-masing unit pabrik memiliki pembangkit diantaranya Pusri 2 (Gen 2006-J) menyuplai daya sebesar 18.35MW, generator pada Pusri 3 (Gen 3006-J) menyuplai daya sebesar 18.35MW, Pusri 4 menyuplai daya 18,35MW (Gen 4006-J), pada Pusri 1B (Gen 5006-J) menyuplai daya sebesar 21,8MW, serta Pusri 2B (Gen STG-1) yang merupakan pabrik baru menyuplai daya sebesar 35MW.

3.1.1 Single Line Diagram PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang

Sistem PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang terintegrasi dengan sistem integrasi ring 13.8MW untuk sistem yang existing. Seiring penambahan unit baru PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang yakni pusri 2B serta pembangkit STG-1 yang berkapasitas 35 MW membuat perubahan sistem kelistrikan pada PT Pusri sehingga membutuhkan penambahan *synchronous bus* baru dengan kapasitas 33 kV untuk menghubungkan jaringan baru dan jaringan lama. *Synchronous bus* ini bertujuan untuk mengurangi losses dalam penyaluran daya. Sistem ini memiliki kelebihan yaitu keandalan sistem yang cukup tinggi dalam penyaluran daya pada beban. Apabila terjadi gangguan pada salah satu bus, maka penyaluran daya tidak akan ada yang terputus karena daya dapat disalurkan melalui line yang lain. Namun kelemahan dari sistem ini yaitu sistemnya yang cukup kompleks dan biaya pembangunan serta biaya operasi yang cukup mahal. *Powerplant* yang semula terbagi atas empat bagian, kini berubah menjadi lima bagian dengan adanya Pusri 2B. Pembangkit STG-1 ini mensuplai daya untuk Pusri 2B dan mengalirkan daya ke jaringan kelistrikan yang lama.

Berikut single line diagram dari sistem kelistrikan PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang yang sudah disederhanakan



Gambar 3.1 Single Line Diagram PT Pusri yang disederhanakan

3.2 Kapasitas Pembangkitan PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang

Untuk menanggung beban yang besar, PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang memiliki lima generator yang dihubungkan sinkron untuk memenuhi kebutuhan beban dan menambah kehandalan sistem. Semua unit pabrik dihubungkan agar tetap menjaga kontinuitas penyaluran daya ketika terjadi gangguan pada sistem. Berikut adalah tabel data kapasitas dan model impedansi pembangkit pada PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.

Tabel 3. 1 Kapasitas dan impedansi pembangkit PT. PUSRI

UNIT	GENERATOR	KAPASITAS DAYA	KETERANGAN
PUSRI 2B	STG-1	35 MW	13.8 kV; pf 85%; 41.176 MVA; Eff 95%; 2 Poles; operating 21.823 MW * Short Circuit X_d'' : 12.5; X_d' : 2; X/R : 48; X_o : 12 * Dynamic Model X_d : 110; X_q : 108; X_l : 11; X_q' : 15; X_q'' : 12; T_{do} : 5.6; T_{do}'' : 0.002; T_{qo}' : 3.7; T_{qo}'' : 0.002; H : 1.2
PUSRI 2	2006-J	18,35 MW	13.8 kV; pf 85%; 21.588 MVA; Eff 95%; 2 Poles; operating 7.9 MW * Short Circuit X_d'' : 9; X_d' : 16; X/R : 30; X_o : 5 * Dynamic Model X_d : 152; X_q : 144; X_l : 8; X_q' : 13; X_q'' : 9; T_{do}' : 10.1; T_{do}'' : 0.55; T_{qo}' : 3.7; T_{qo}'' : 0.002; H : 8.3

Tabel 3. 1 Kapasitas dan impedansi pembangkit PT. PUSRI (Lanjutan)

UNIT	GENERATOR	KAPASITAS DAYA	KETERANGAN
PUSRI 3	3006-J	18,35 MW	13.8 kV; pf 85%; 21.588 MVA; Eff 95%; 2 Poles; operating 7.6 MW * Short Circuit Xd'': 9; Xd': 16; X/R: 30; Xo: 5 * Dynamic Model Xd: 152; Xq: 144; Xl: 8; Xq': 13; Xq'': 9; Tdo': 10.1; Tdo'': 0.055; Tqo': 3.7; Tqo'': 0.002; H:8.3
PUSRI 4	4006-J	18,35 MW	13.8 kV; pf 85%; 21.588 MVA; Eff95%; 2 Poles; operating 7.7 MW * Short Circuit Xd'': 9; Xd': 16; X/R: 30; Xo: 5 * Dynamic Model Xd: 152; Xq: 144; Xl: 8; Xq': 13; Xq'': 9; Tdo': 10.1; Tdo'': 0.002; Tqo': 3.7; Tqo'': 0.002; H:8.3

Tabel 3. 1 Kapasitas dan impedansi pembangkit PT. PUSRI (Lanjutan)

UNIT	GENERATOR	KAPASITAS DAYA	KETERANGAN
PUSRI 1B	5006-J	21,803 MW	13.8 kV; pf 85%; 25.65 MVA; 95% eff; 2 Poles * Short Circuit Xd'': 12.2; Xd': 13.2; X/R: 30; Xo: 5.3 * Dynamic Model Xd: 172.5; Xq: 162.9; Xl: 14.3; Xq': 43.1; Xq'': 11.6; Tdo': 5.719; Tdo'': 0.022; Tqo': 0.392; Tqo'': 0.056; H:8

3.3 Sistem Distribusi di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang

PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang menggunakan sistem distribusi radial untuk sistem kelistrikannya, dengan dua *synchronous bus* untuk menghubungkan jaringan kelistrikan lama dan jaringan kelistrikan baru. Terdapat tiga level tegangan pada sistem distribusi kelistrikan di PT Pupuk Sriwidjaja Palembang, seperti pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Data Bus Pada Sistem Kelistrikan di PT Pusri Palembang

No	Lokasi	ID Bus	Tegangan Bus
1	Synchronous	Syn Bus New	33 kV
2		Syn Bus Old	13,8 kV
3	Pusri 2B	BUS_T-STG1	13,8 kV
4		STG_1	13,8 kV
5		SG-61	13,8 kV
6		INR2P2	13,8 kV
7	Pusri 4	SG-41	13,8 kV
8		DS-4101*	13,8 kV
9		DS-4001 PIV	13,8 kV
10		MCC #48	2,4 kV

Tabel 3.2 Data Bus Pada Sistem Kelistrikan di PT Pusri Palembang (Lanjutan)

11	Pusri 1B	SG-51	13,8 kV
12		MCC #51A	2,4 kV
13	Pusri 2	SG-21	13,8 kV
14		MCC#2007	2,4 kV
15	Pusri 3	SG-31	13,8 kV
16		MCC#311A	2,4 kV

Sistem kelistrikan PT Pusri Palembang ditunjang oleh transformator untuk menurunkan tegangan sebelum masuk ke beban. Data transformator yang ada pada PT Pusri Palembang ditunjukkan oleh Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data Transformator Pada Sistem Kelistrikan di PT Pusri Palembang

No	ID	MVA	kV	%Z	Hubungan
1	TR#2004	1,25	13,8/2,4	5,5	Delta - Wye
2	T-STG1	40	33/13,8	12,5	Delta - Wye
3	TR#310	0,225	13,8/0,48	3,31	Delta - Wye
4	TR#510	0,315	13,8/0,48	4	Delta - Wye

Selain transformator penurun daya, terdapat transformator penghubung (*Tie Transformer*) yang menghubungkan jaringan kelistrikan lama dengan jaringan kelistrikan baru. Data *Tie Transformer* ditunjukkan oleh Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Data *Tie Transformer* Pada Sistem Kelistrikan di PT Pusri Palembang

No	ID	MVA	kV	%Z	Hubungan
1	T-Synbus-Old-New	40	33/13,8	12,5	Delta - Wye

3.4 Data Beban di PT Pusri Palembang

Pusri mempunyai unit baru yakni Pusri 2B sehingga terdapat beban baru yang akan digunakan oleh PT Pusri Palembang. Data dari penambahan beban baru tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.5

Tabel 3. 5 Data Beban Baru Pusri 2B Pada Sistem Kelistrikan di PT
Pusri Palembang

No	ID	Rating	KVA	kV	FLA	RPM
1	Mtr-SG-61	2.5 MW	2857	13,8	119,5	1500
2	Lump7	12,433 MW	1462 7	13,8	611,9	-
3	LOAD_P- 2B(2)	12,433 MW	1462 7	13,8	611,9	-
4	LOAD_P- 2B(1)	12,433 MW	1462 7	13,8	611,9	-



BAB IV

SIMULASI DAN ANALISIS DATA

Pada bab keempat ini, akan dilakukan simulasi pada *plant*/sistem dengan multi mesin/multi generator. Simulasi akan dilakukan pada *plant* PT. Pupuk Sriwidjaja dengan unit baru yakni Pusri 2B serta penambahan generator STG_1 berkapasitas 35MW Sehingga dibutuhkan *synchronous bus* baru dengan kapasitas 33kV untuk menghubungkan jaringan baru dan jaringan lama.

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam analisis tugas akhir ini adalah:

- i. Memberi event gangguan short circuit pada setiap bus yang telah di pilih, di detik $t=1s$.
- ii. Menentukan waktu cct pada bus yang terjadi gangguan dengan melihat respon sudut rotor generator.
- iii. Membandingkan hasil cct yang di dapat dengan setting waktu rele pengaman yang belum mempertimbangkan kestabilan transien di ambil dari hasil tugas akhir studi koordinasi proteksi maya prananda[9].
- iv. Menganalisis bus mana saja yang setting waktu nya masih di atas nilai CCT.
- v. Melakukan perbaikan setting waktu apabila masih ada setting waktu yang diatas nilai CCT sehingga dapat dikatakan setting waktu dengan mempertimbangkan Transient Stability Assessment.
- vi. Melakukan pengecekan setting waktu dengan mempertimbangkan Transient Stability Assessment apakah semua setting waktu sudah di bawah nilai CCT maka sistem kelistrikan di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang dapat dikatakan stabil dan aman serta handal

4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. Pupuk Sriwidjaja

Setelah didapatkan data pemodelan dan penyederhanaan sistem kelistrikan PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang dalam bentuk Single Line Diagram ETAP 7.5, selanjutnya dapat dilakukan analisis setting waktu dengan mempertimbangkan kestabilan transien yang mana bertujuan untuk mencari CCT pada bus tegangan menengah sistem khususnya pada bus yang dekat generator. Pada tugas akhir ini analisis dilakukan

saat setelah didapatkan nilai CCT kemudian dibandingkan dengan setting waktu rele pengaman yang belum mempertimbangkan kestabilan transient sehingga didapatkan setting waktu yang mana saja yang masih di atas nilai CCT untuk menentukan perbaikan setting waktu yang mempertimbangkan kestabilan transien.

4.2 Studi Kasus Kestabilan Transien

Pada simulasi ini dilakukan analisis kestabilan transien yang ditujukan lebih khusus untuk generator dan sistem. Dengan memisalkan terjadi gangguan short circuit pada beberapa bus pada level tegangan menengah khususnya bus dekat generator dan melihat respon sudut rotor pada setiap generator. Setelah melihat respon sudut rotor, CCT pada tiap bus dapat ditentukan agar generator tidak lepas sinkron.

Pada kasus gangguan short circuit bus yang digunakan sebagai indicator kestabilan transien adalah:

- i. **Bus STG_1:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada unit baru Pusri 2B di bawah generator STG-1
- ii. **Bus SG-61:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada unit baru Pusri 2B diatas beban
- iii. **Bus T-STG1:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada unit baru Pusri 2B
- iv. **SYN BUS NEW:** sinkron bus baru yang mempunyai level tegangan 33 kV pada unit baru Pusri 2B
- v. **SYN BUS OLD:** sinkron bus lama yang mempunyai level tegangan 13,8 kV pada unit baru Pusri 2B
- vi. **Bus INR2P2:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada unit baru Pusri 2B
- vii. **Bus INR3P3:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada unit baru Pusri 2B
- viii. **Bus INR4P4:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada unit baru Pusri 2B
- ix. **Bus INR5P1B:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada unit baru Pusri 2B
- x. **Bus SG-21:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada Pusri 2 di bawah generator Generator Gen2
- xi. **Bus SG-31:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada Pusri 3 di bawah generator 3006-J

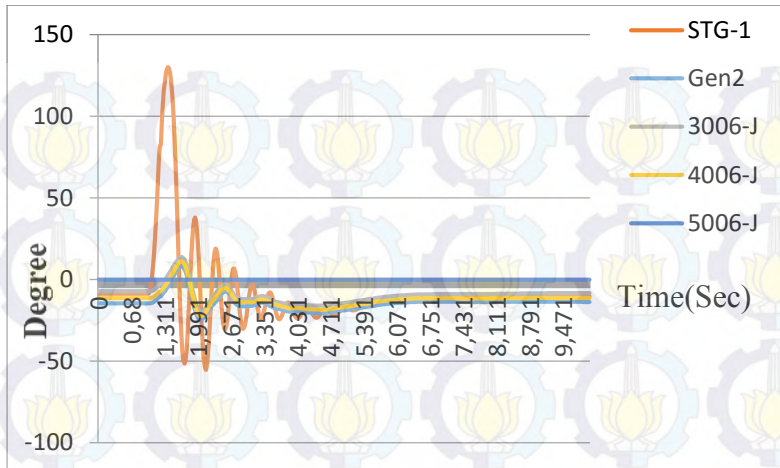
- xii. **Bus SG-41:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada Pusri 4 di bawah generator 4006-J
- xiii. **Bus SG-51:** bus yang mempunyai level tegangan 13.8 kV pada Pusri 1B di bawah generator 5006-J

4.3 Perhitungan *Critical Clearing Time* (CCT) untuk setiap gangguan di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang

Pada bab ini akan dilampirkan hasil dari analisis nilai CCT pada setiap kasus yang terjadi melalui Etap. Dengan cara *trial and error* maka didapatkan waktu stabil dan waktu tidak stabil sehingga CCT yang didapatkan berada pada *range* waktu stabil dan waktu tidak stabilnya. Dengan mengamati perubahan sudut rotor generator pada setiap terjadi gangguan, kita dapat menjaga stabilitas dan sinkronisasi dari generator. Dikarenakan apabila dengan stabilnya sudut rotor generator, maka kestabilan frekuensi dan tegangan akan mengikuti. Sehingga pada kasus ini akan hanya menampilkan respon sudut rotor pada setiap generator ketika gangguan. Hasil dari analisis akan dilengkapi dengan gambar sudut rotor generator. Maka hasil simulasi dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* pada setiap studi kasus gangguan yang berbeda pada sistem kelistrikan PT. Pupuk Sriwidjaja adalah sebagai berikut :

4.3.1 Studi kasus short circuit bus STG_1 13,8kV ($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada bus STG_1. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 0,23s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 0,24s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.1 Respon sudut rotor pada bus STG_1 nilai CCT 0,23s



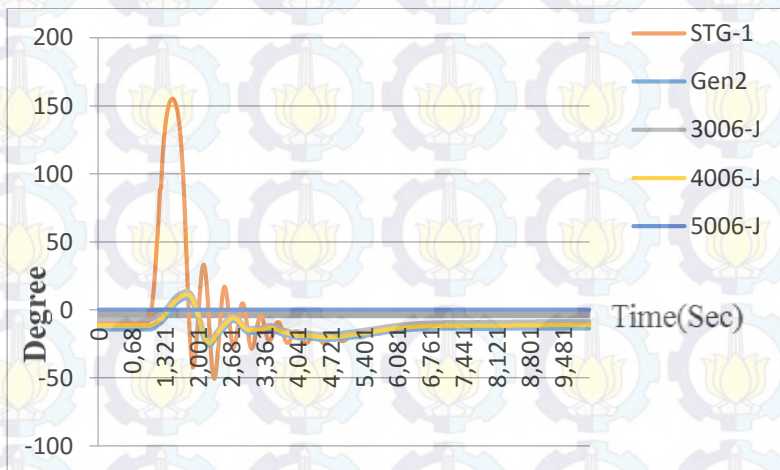
Gambar 4.2 Respon sudut rotor pada bus STG_1 nilai CCT 0,24s

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 0,23s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.1.

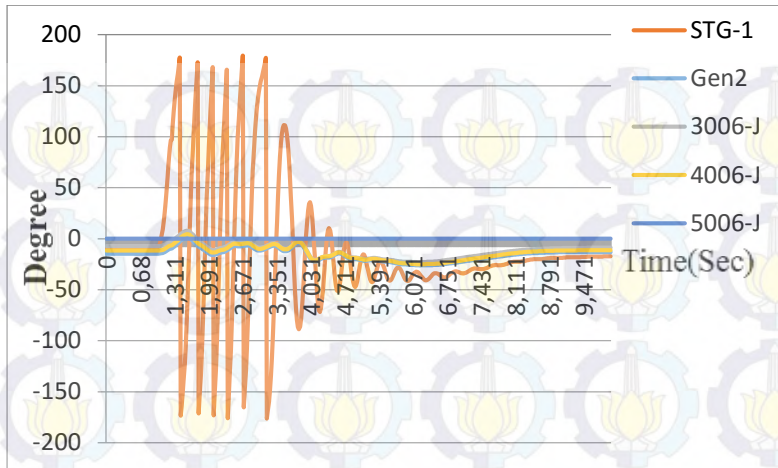
Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 0,24s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih beresilasi ditunjukkan pada gambar 4.2.

4.3.2 Studi kasus short circuit bus SG-61 13,8kV ($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada bus SG-61. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 0,24s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 0,25s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.3 Respon sudut rotor pada bus SG-61 nilai CCT 0,24s

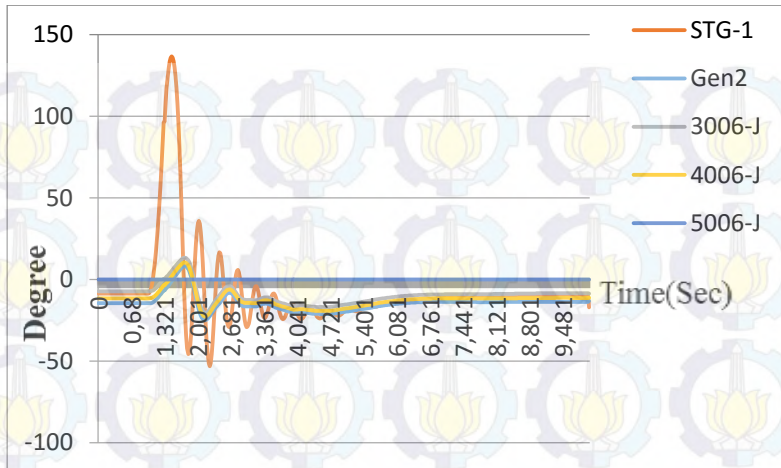


Gambar 4.4 Respon sudut rotor pada bus SG-61 nilai CCT 0,25s

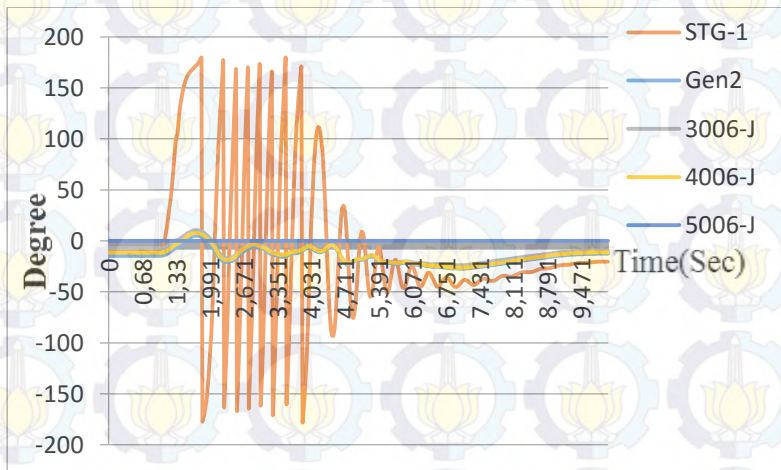
Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 0,24s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.3. Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 0,25s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih berosilasi ditunjukkan pada gambar 4.4.

4.3.3 Studi kasus short circuit bus_T-STG1 13,8kV ($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada bus_T-STG1. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 0,32s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 0,33s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.5 Respon sudut rotor pada bus _T-STG1 nilai CCT 0,32s



Gambar 4.6 Respon sudut rotor pada bus _T-STG1 nilai CCT 0,33s

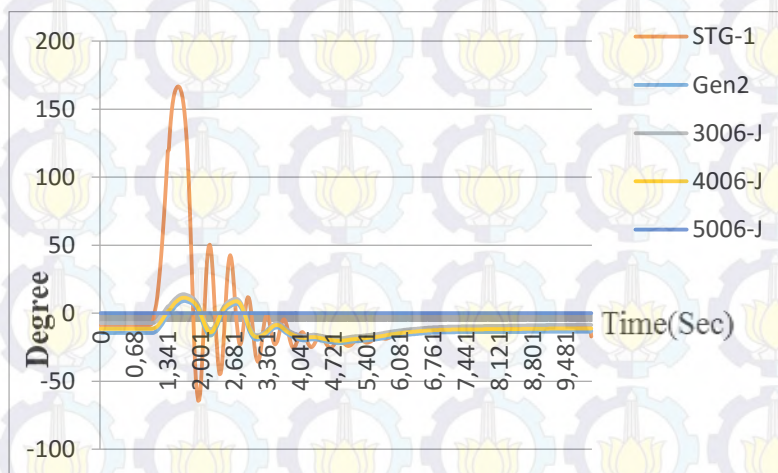
Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 0,32s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.5.

Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 0,33s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih beresilasi ditunjukkan pada gambar 4.6.

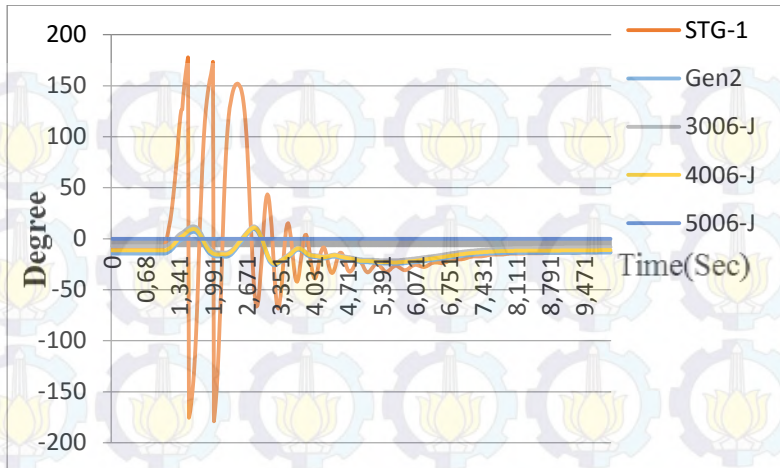
4.3.4 Studi kasus short circuit SYN BUS NEW 33kV

($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada SYN BUS NEW. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 0,36s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 0,37s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.7 Respon sudut rotor pada SYN BUS NEW nilai CCT 0,36s



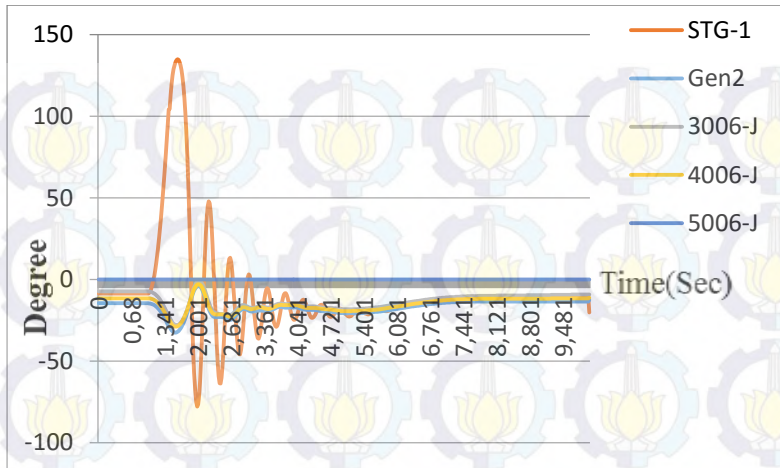
Gambar 4.8 Respon sudut rotor pada SYN BUS NEW nilai CCT 0,37s

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 0,36s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 0,37s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih berosilasi ditunjukkan pada gambar 4.8.

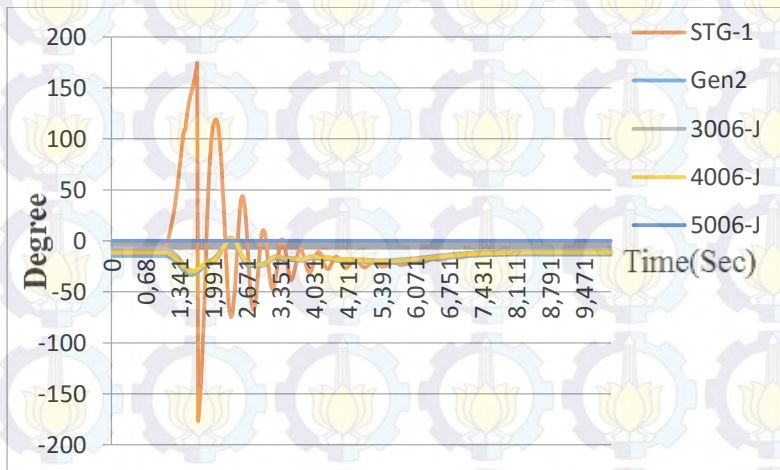
4.3.5 Studi kasus short circuit SYN BUS OLD 13,8kV

($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada SYN BUS OLD. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 0,42s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 0,43s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.9 Respon sudut rotor pada SYN BUS OLD nilai CCT 0,42s



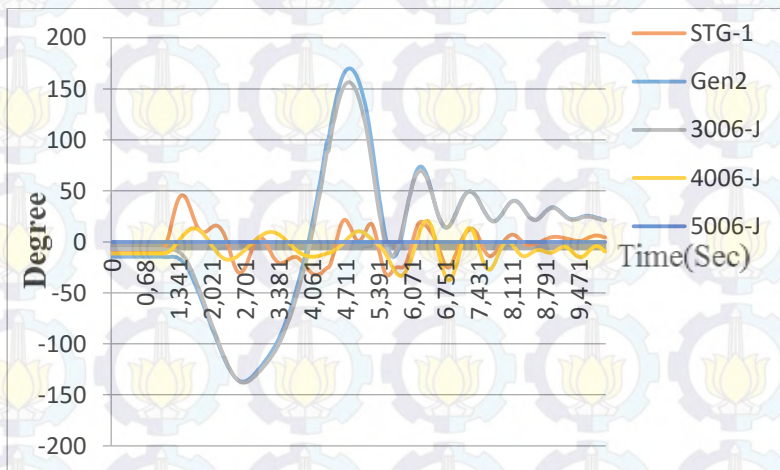
Gambar 4.10 Respon sudut rotor pada SYN BUS OLD nilai CCT 0,43s

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 0,42s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.9.

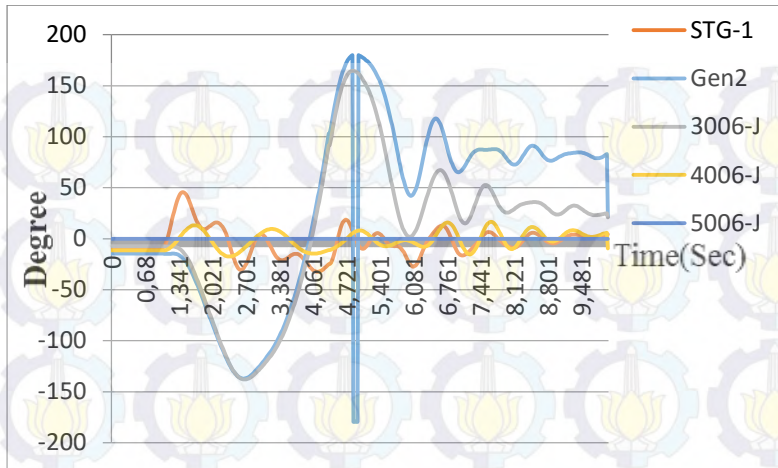
Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 0,43s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih beresilasi ditunjukkan pada gambar 4.10.

4.3.6 Studi kasus short circuit Bus INR2P2 13,8kV ($t = 1$ s)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada Bus INR2P2. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 3,37s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 3,38s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.11 Respon sudut rotor pada Bus INR2P2 nilai CCT 3,37s

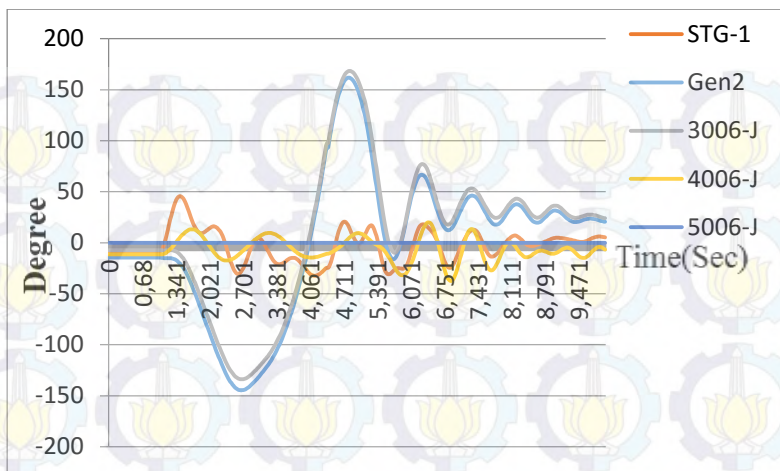


Gambar 4.12 Respon sudut rotor pada Bus INR2P2 nilai CCT 3,38s

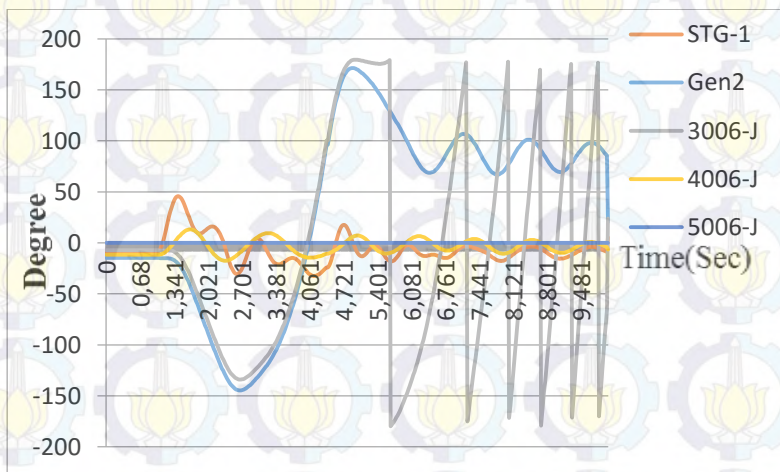
Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 3,37s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.11. Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 3,38s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih berosilasi ditunjukkan pada gambar 4.12.

4.3.7 Studi kasus short circuit Bus INR3P3 13,8kV ($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada Bus INR3P3. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 3,39s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 3,40s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.13 Respon sudut rotor pada Bus INR3P3 nilai CCT 3,39s



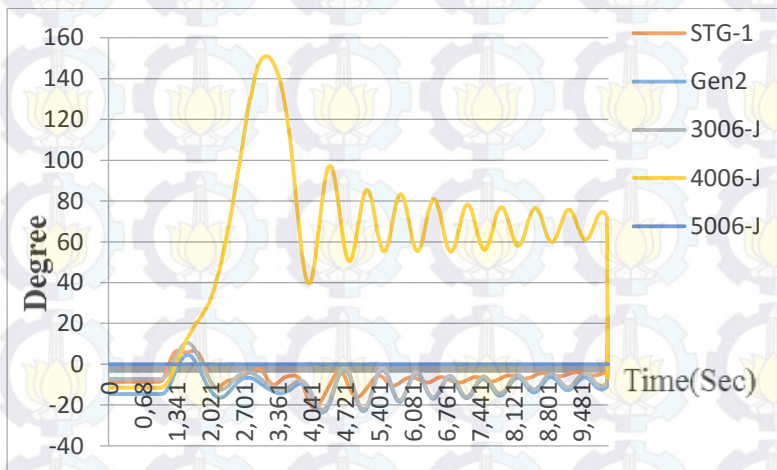
Gambar 4.14 Respon sudut rotor pada Bus INR3P3 nilai CCT 3,40s

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 3,39s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.13.

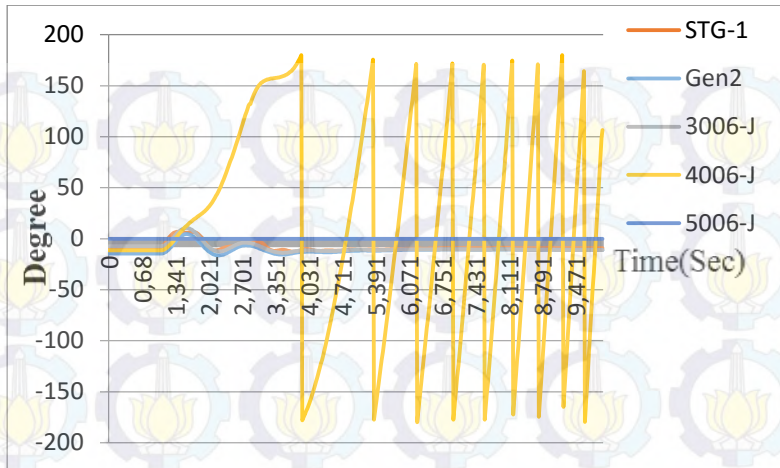
Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 3,40s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih beresilasi ditunjukkan pada gambar 4.14.

4.3.8 Studi kasus short circuit Bus INR4P4 13,8kV ($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada Bus INR4P4. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 1,82s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 1,83s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.15 Respon sudut rotor pada Bus INR4P4 nilai CCT 1,82s

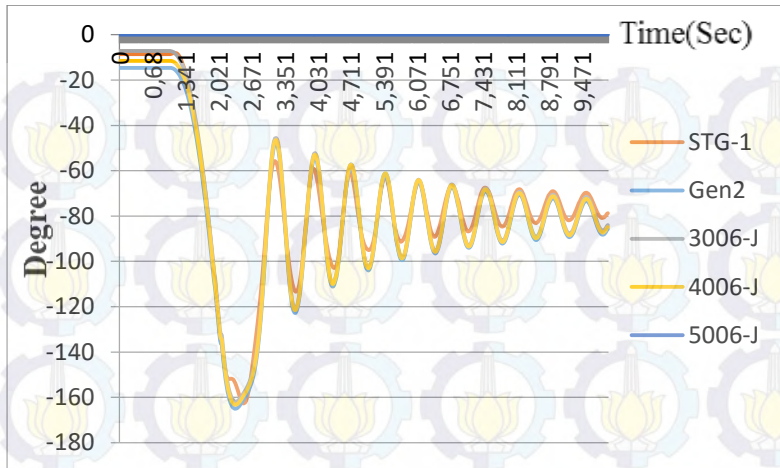


Gambar 4.16 Respon sudut rotor pada Bus INR4P4 nilai CCT 1,83s

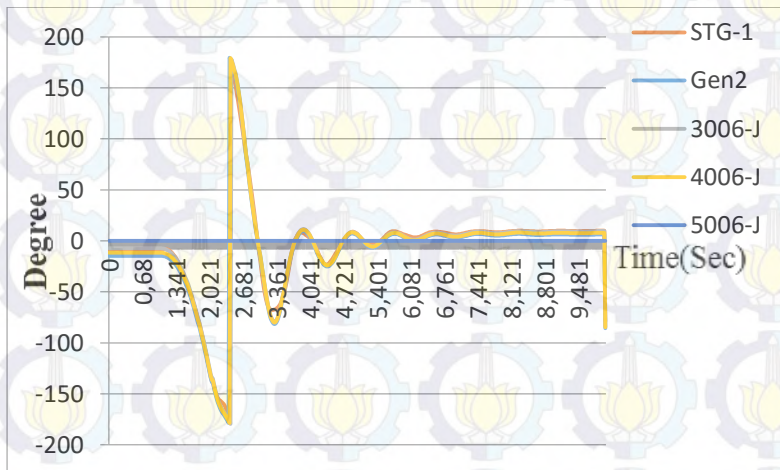
Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 1,82s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.15. Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 1,83s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih beresilasi ditunjukkan pada gambar 4.16.

4.3.9 Studi kasus short circuit Bus INR5P1B 13,8kV($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada Bus INR5P1B. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 1,05s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 1,06s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.17 Respon sudut rotor pada Bus INR5P1B nilai CCT 1,05s



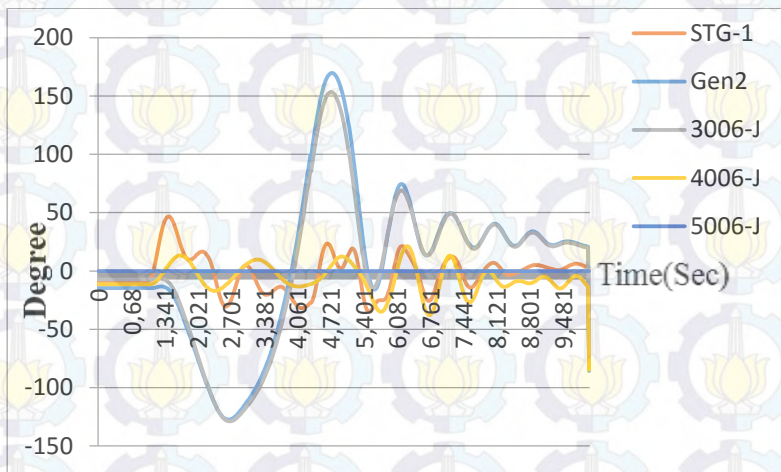
Gambar 4.18 Respon sudut rotor pada Bus INR5P1B nilai CCT 1,06s

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 1,05s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.17.

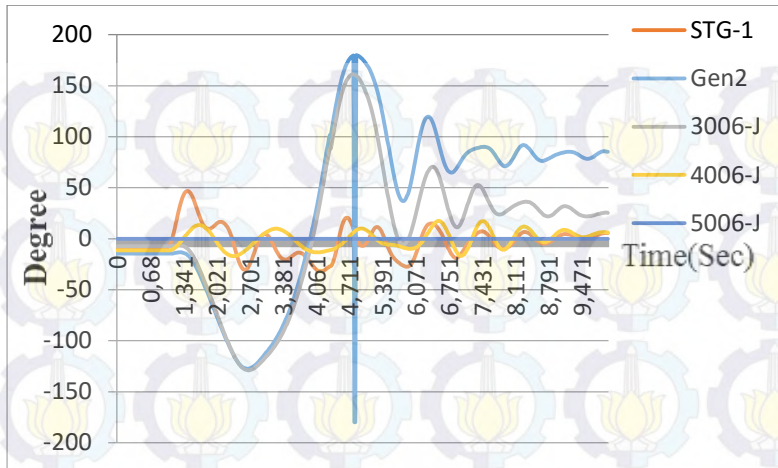
Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 1,06s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih beresilasi ditunjukkan pada gambar 4.18.

4.3.10 Studi kasus short circuit Bus SG-21 13,8kV ($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada Bus SG-21. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 3,32s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 3,33s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.19 Respon sudut rotor pada Bus SG-21 nilai CCT 3,32s

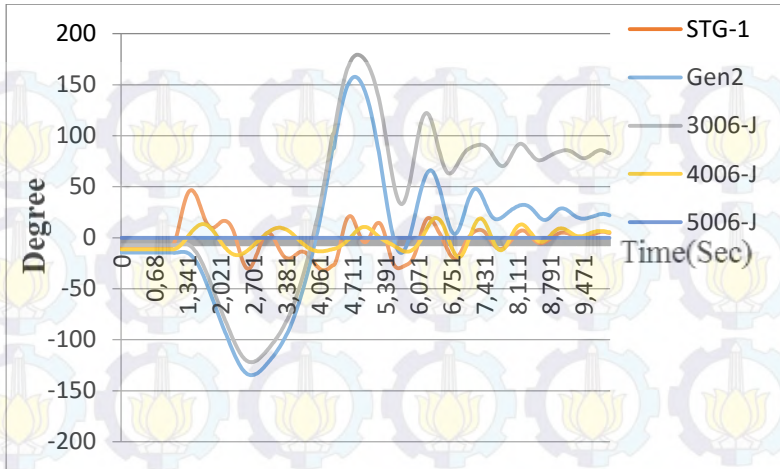


Gambar 4.20 Respon sudut rotor pada Bus SG-21 nilai CCT 3,33s

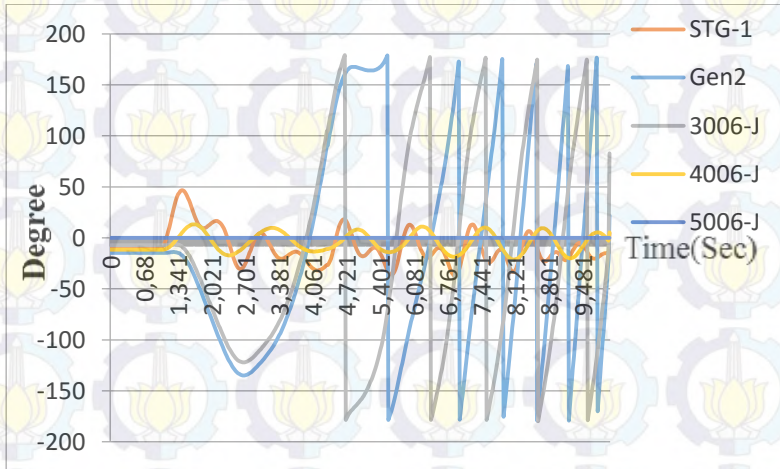
Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 3,32s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.19. Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 3,33s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih berosilasi ditunjukkan pada gambar 4.20.

4.3.11 Studi kasus short circuit Bus SG-31 13,8kV ($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada Bus SG-31. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 3,33s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 3,34s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.21 Respon sudut rotor pada Bus SG-31 nilai CCT 3,33s



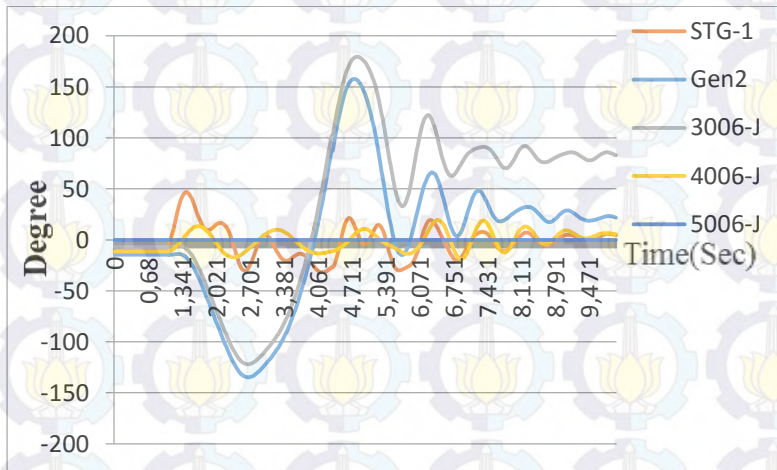
Gambar 4.22 Respon sudut rotor pada Bus SG-31 nilai CCT 3,34s

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 3,33s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.21.

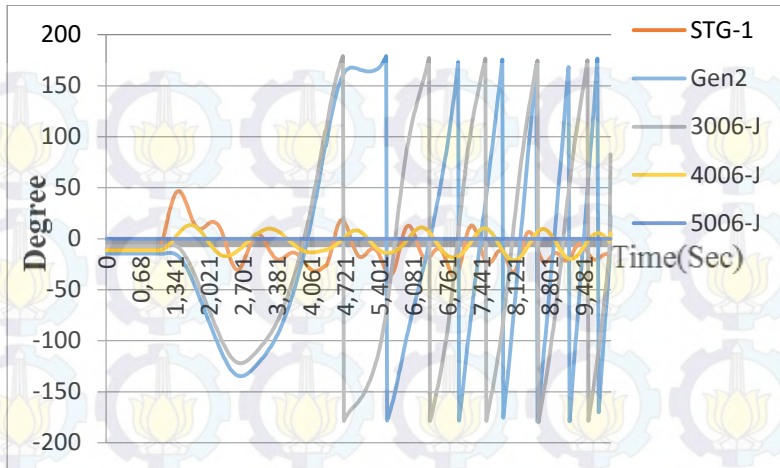
Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 3,34s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih beresilasi ditunjukkan pada gambar 4.22.

4.3.12 Studi kasus short circuit Bus SG-41 13,8kV ($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada Bus SG-41. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 3,33s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 3,34s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.23 Respon sudut rotor pada Bus SG-41 nilai CCT 3,33s

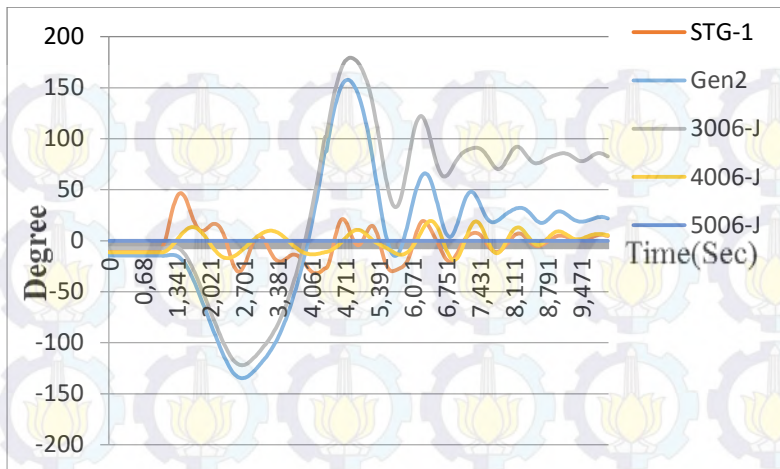


Gambar 4.24 Respon sudut rotor pada Bus SG-41 nilai CCT 3,34s

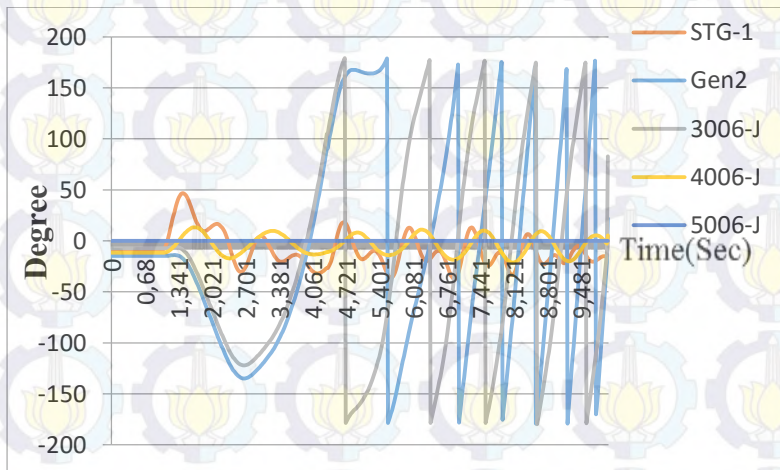
Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 3,33s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.23. Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 3,34s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih beresilasi ditunjukkan pada gambar 4.24.

4.3.13 Studi kasus short circuit Bus SG-51 13,8kV ($t = 1s$)

Pada studi kasus ini akan disimulasikan terjadinya gangguan short circuit pada Bus SG-51. Short circuit akan disimulasikan terjadi pada 1 detik setelah sistem bekerja. Pada gangguan ini terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Time Domain Simulation* didapatkan waktu pemutusan kondisi stabil adalah 3,33s, sedangkan waktu pemutusan tidak stabil adalah 3,34s. Berikut gambar grafik sudut rotor generator nya saat kondisi stabil dan saat kondisi tidak stabil nya :



Gambar 4.25 Respon sudut rotor pada Bus SG-51 nilai CCT 3,33s



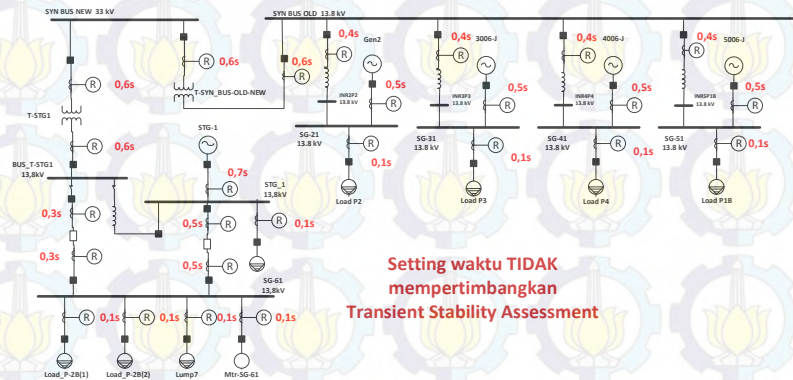
Gambar 4.26 Respon sudut rotor pada Bus SG-51 nilai CCT 3,34s

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa saat gangguan diputus pada waktu 3,33s atau waktu stabilnya maka generator akan stabil dan kembali ke keadaan semula yang ditunjukkan pada gambar 4.25.

Sedangkan saat gangguan diputus pada waktu 3,34s atau waktu tidak stabilnya maka generator akan kehilangan sinkronisasinya yang ditunjukkan saat setelah ayunan pertama generator masih beresilasi ditunjukkan pada gambar 4.26.

4.4 Membandingkan hasil CCT dengan setting waktu yang belum mempertimbangkan *Transient Stability Assessment*

Berikut adalah gambar setting waktu hasil Tugas Akhir Maya Prananda Sari dengan judul studi koordinasi proteksi PT. Pusri[9] yang belum mempertimbangkan *Transient Stability Assessment*.



Gambar 4.27 Setting waktu yang tidak mempertimbangkan TSA

Berdasarkan hasil CCT yang telah di peroleh, maka pada tabel di bawah ini akan di bandingkan antara hasil CCT dengan setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang yang belum mempertimbangkan *Transient Stability Assessment* seperti yang terlihat pada gambar di atas.

Tabel 4.1 Perbandingan hasil CCT dengan setting waktu yang belum mempertimbangkan *Transient Stability Assessment*

No	BUS ID	Setting Waktu Rele	Hasil CCT	Status
1	STG_1	0,7s	0,23s-0,24s	Perlu Rekomendasi

Tabel 4.1 Perbandingan hasil CCT dengan setting waktu yang belum mempertimbangkan *Transient Stability Assessment* (Lanjutan)

No	BUS ID	Setting Waktu Rele	Hasil CCT	Status
2	SG-61	0,5s	0,24s-0,25s	Perlu Rekomendasi
3	BUS_T-STG1	0,6s	0,32s-0,33s	Perlu Rekomendasi
4	SYN BUS NEW	0,6s	0,36s-0,37s	Perlu Rekomendasi
5	SYN BUS OLD	0,6s	0,42s-0,43s	Perlu Rekomendasi
6	INR2P2	0,4s	3,37-3,38s	Aman
7	INR3P3	0,4s	3,39-3,40s	Aman
8	INR4P4	0,4s	1,82-1,83s	Aman
9	INR5P1B	0,4s	1,05-1,06s	Aman
10	SG-21	0,5s	3,32-3,33s	Aman
11	SG-31	0,5s	3,33-3,34s	Aman
12	SG-41	0,5s	3,33-3,34s	Aman
13	SG-51	0,5s	3,33-3,34s	Aman

Dari tabel diatas terlihat bahwa terdapat 5 bus yang perlu rekomendasi perbaikan untuk setting waktu nya karena setting waktu rele

masih di atas nilai CCT yakni Bus STG_1, Bus SG-61, BUS_T-STG1, SYN BUS NEW, dan SYN BUS OLD.

4.5 Perbaikan Setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja dengan mempertimbangkan *Transient Stability Assessment*

Dari Permasalahan Setting waktu rele pengaman yang bekerja masih di atas nilai CCT, maka setting waktu rele pengaman yang mempertimbangkan *Transient Stability Assessment* harus bekerja di bawah nilai CCT, sehingga penulis memberikan rekomendasi berupa memberikan peralatan tambahan yakni pengaman utama berupa rele differential yang dipasang di bus yang bermasalah dan juga di pasang pada line antar bus yang bermasalah tersebut. Berikut tabel hasil perbaikan setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja dengan mempertimbangkan *Transient Stability Assessment* :

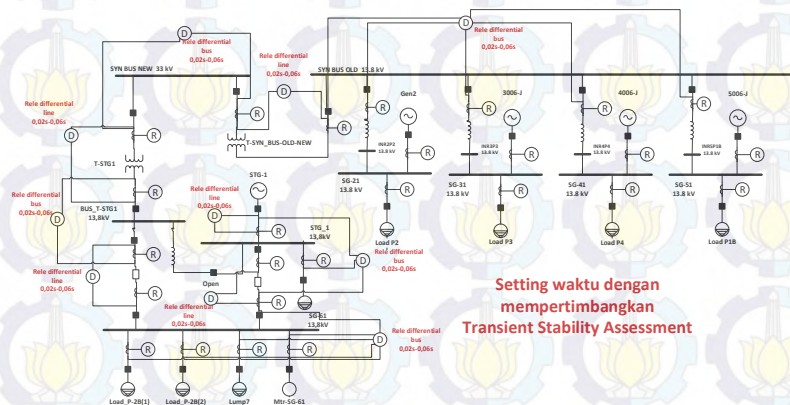
Tabel 4.2 Hasil perbaikan setting waktu dengan mempertimbangkan *Transient Stability Assessment*

No	BUS ID	Setting Waktu Rele	Hasil CCT	Status
1	STG_1	0,02s	0,23s-0,24s	Aman
2	SG-61	0,04s	0,24s-0,25s	Aman
3	BUS_T-STG1	0,04s	0,32s-0,33s	Aman
4	SYN BUS NEW	0,06s	0,36s-0,37s	Aman
5	SYN BUS OLD	0,06s	0,42s-0,43s	Aman

Dari tabel di atas terlihat bahwa setelah diberikan penambahan peralatan berupa pengaman utama yakni rele differential maka hasil setting waktu

trip antara 0,02s-0,06s sesuai kinerja rele differential 1-3cycle. Setelah dilakukan perbaikan setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja dengan mempertimbangkan Transient Stability Assessment, maka hasil nya semua setting waktu di bawah nilai CCT. Sehingga sekarang sistem kelistrikan PT. Pupuk Sriwidjaja semakin stabil, aman, dan juga handal.

Berikut Gambar hasil setelah penambahan rele differential sehingga setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja sudah mempertimbangkan Transient Stability Assessment



Gambar 4.28 Setting waktu dengan mempertimbangkan TSA

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis setting waktu rele pengaman di PT. Pupuk Sriwidjaja dengan mempertimbangkan *Transient Stability Assessment*, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari beberapa hasil CCT yang didapat, nilai CCT dengan waktu 0,23s – 0,24s adalah nilai CCT yang terkecil terdapat pada bus STG_1 tepat di bawah generator baru yakni STG-1 di PT. Pupuk Sriwidjaja berkapasitas 35MW di Unit Pusri 2B sehingga sistem akan stabil jika gangguan di putus sebelum waktu CCT tersebut
2. Dari 13 simulasi Short circuit di bus yang telah ditentukan, dengan mempertimbangkan *Transient Stability Assessment* maka pada PT. Pupuk Sriwidjaja terdapat 5 bus yang perlu rekomendasi untuk dilakukan analisis setting waktu yakni bus STG_1, SG-61, BUS_T-STG1, SYN BUS NEW, SYN BUS OLD karena setting waktu melebihi nilai CCT sehingga sistem kurang stabil jika terjadi gangguan short circuit.
3. Dari semua nilai CCT yang didapatkan dapat digunakan untuk setting waktu rele pengaman yang mana sudah mempertimbangkan *Transient Stability Assessment* sehingga dengan setting waktu tersebut dapat mengakomodir semua kemungkinan terjadinya gangguan hubung singkat dan sistem kelistrikan PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang dapat terjaga kestabilannya.
4. Bus yang berada pada dekat generator memiliki waktu CCT kecil dikarenakan ketika terjadi hubung singkat 3 fasa pada bus tersebut maka arus hubung singkat pada bus tersebut besar sehingga mengakibatkan daya output generator turun drastis. Jadi terdapat selisih antara daya output generator dan daya input mekanis dari prime mover maka mengakibatkan ketidakstabilan sistem sehingga gangguan harus diputus secepat mungkin agar generator kembali stabil.

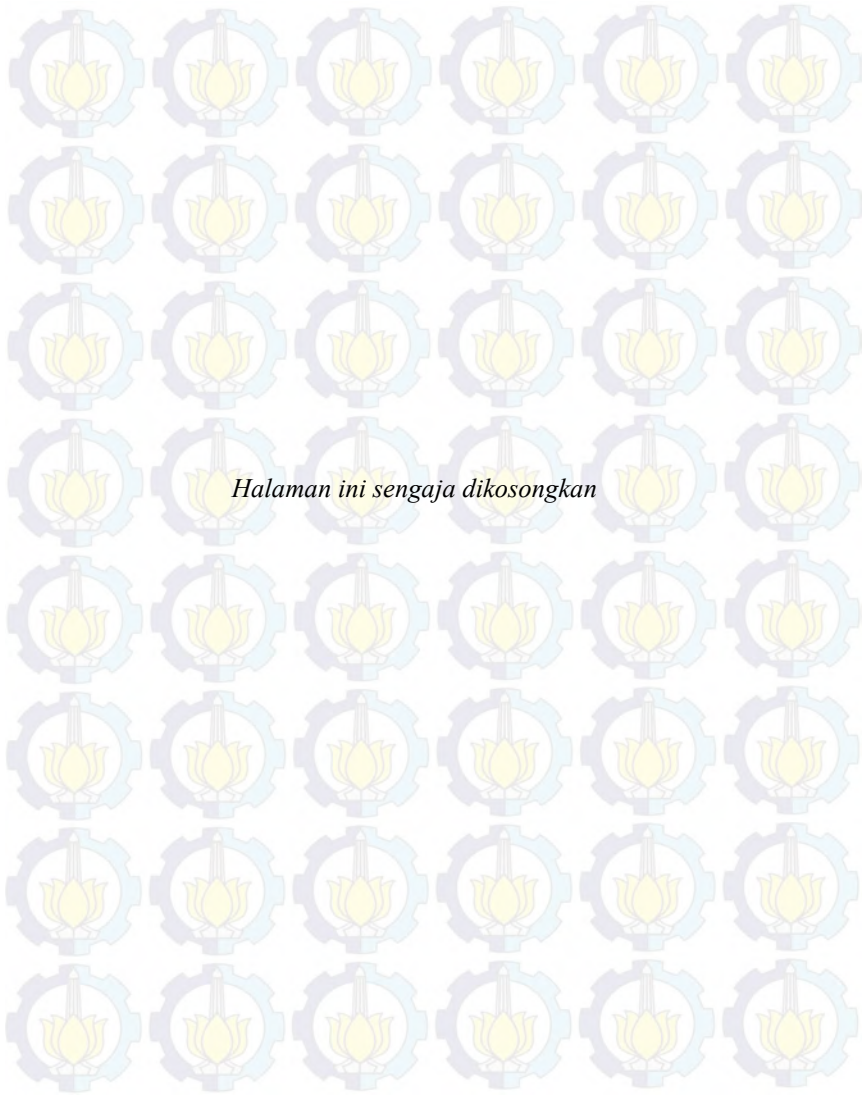
5.2 Saran

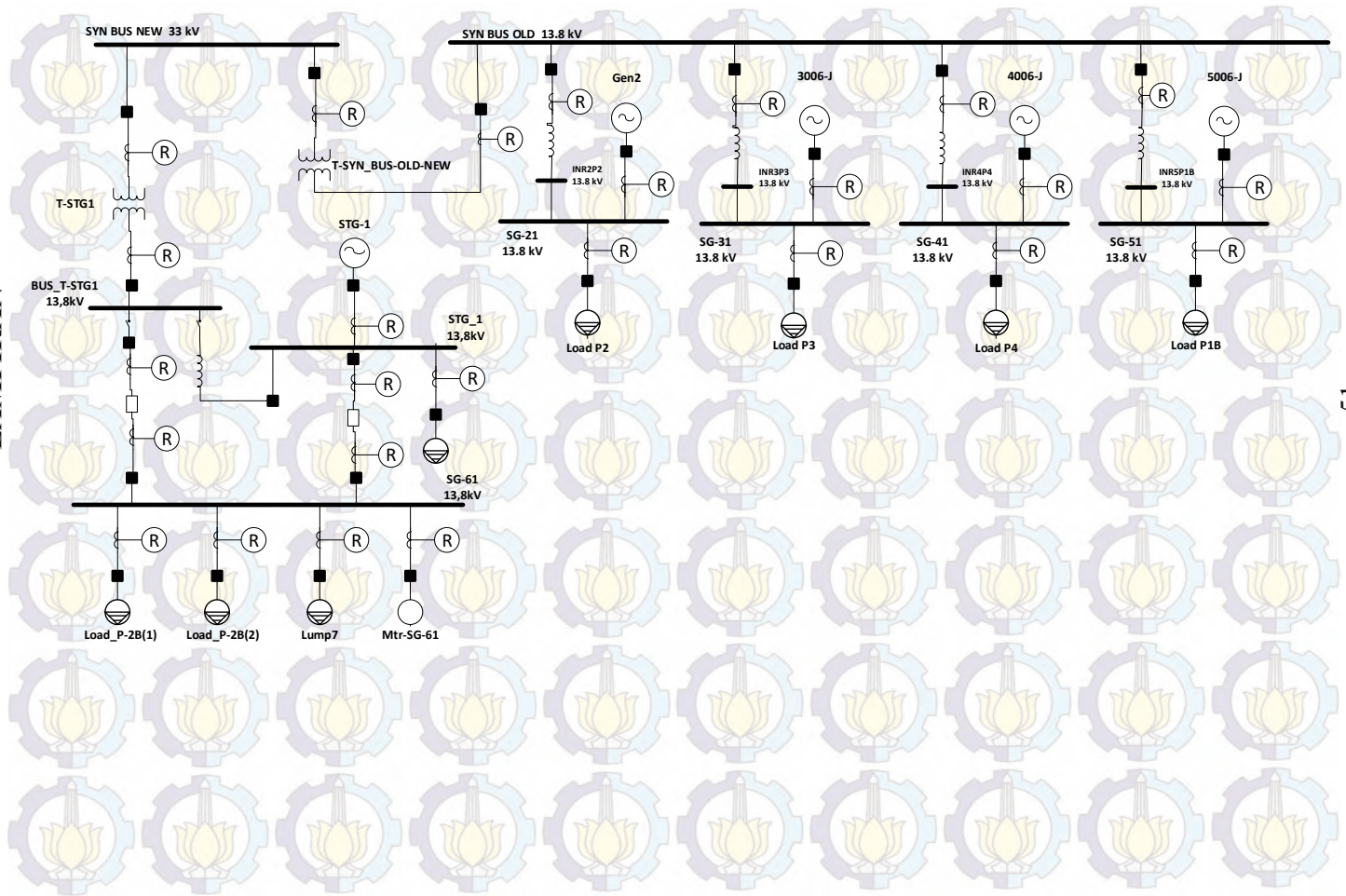
Saran yang dapat diberikan penulis adalah:

1. Dari hasil pengerjaan tugas akhir ini, maka rekomendasinya dapat dengan memberikan peralatan tambahan berupa pengaman utama rele differential bus jika short circuit nya terjadi di bus dan rele differential line jika short circuit terjadi diantara bus yang bermasalah tersebut, agar jika terjadi gangguan short circuit dapat diisolir rele differential 1-3cycle sesuai kerja rele tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions, “*Definition and Classification of Power System Stability*” IEEE Transactions on Power system , vol. 19, no. 2, may 2004.
- [2] Das, J.C., “*Transient in Electrical System, Analysis ,Recognition, and Mitigation*“ , McGraw-Hill, Inc, 2010.
- [3] Grainger, John J., dan Stevenson, William D Jr., “*Power System Analysis*,” Singapura, McGraw-Hill, Inc, 1994.
- [4] P. Kundur,” *Power System Stability and Control*,” McGraw-Hill, 1994.
- [5] Saadat, Hadi., “*Power System Analysis*,” Singapura, McGraw-Hill, Inc, 2004, edisi kedua.
- [6] AIEE Subcommittee on Interconnections and Stability Factors, “*First Report of Power System Stabillity*”, AIEE Trans., pp.51-80, 1926
- [7] Athay T., R. Podmore, S. Virmani, “*A Practical Method for the Direct Analysis of Transient Stability*,” IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-98, No.2, March/April 1979
- [8] Grigsby, Leonard L., “*Power System Stability and Control Third Edition*”, Taylor & Francis Group, LLC, 2012
- [9] Sari, Maya Prananda.”*Studi Koordinasi Proteksi pada PT Pupuk Sriwijaya akibat penambahan beban pabrik P2B dan Generator 1X35MW*”, Teknik Elektro ITS, Surabaya.





BIODATA PENULIS



Muhammad Maulana Irfan Fathoni, Lahir di Gresik, Jawa Timur pada 05 Juni 1992. Lulus Sekolah Menengah Atas di SMA Muhammadiyah 1 Gresik, tahun 2010. Ia mendapat gelar Ahli Madya (A.Md.) dari Program D3 Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya pada tahun 2013. Tahun 2012 pernah Kerja Praktek di PT. Barata Indonesia (Persero) di Bagian Maintenance, Gresik, Jawa Timur. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan ke jenjang sarjana (S1) pada program studi Teknik Sistem Tenaga jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tahun 2014 pernah kerja praktek di PT. Pertamina Geothermal Energy di bagian Electrical Engineering, Kamojang, Jawa Barat. Jika ada keperluan bisa menghubungi email di bawah ini.

Email : irfannya@gmail.com